

**MODELLVERSUCHE ZUR FUTTERWERTABSCHÄTZUNG
VERSCHIEDENER PROTEINQUELLEN
IN DER FÜTTERUNG VON FORELLEN (S. GAIRDNERI RICH.)**

WAFÄ ABD EL-HAMID ELWAN ELERAKY

*Ess
München
1966*

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. Jürgen Gropp

**MODELLVERSUCHE ZUR FUTTERWERTABSCHÄTZUNG
VERSCHIEDENER PROTEINQUELLEN
IN DER FÜTTERUNG VON FORELLEN (S. GAIRDNERI RICH.)**

Inaugural Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Wafa Abd El-Hamid Elwan Eleraky
aus
El-Scharkia, Ägypten

München, 1985

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker
Referent: Prof. Dr. J. Gropp
Korreferent: Prof. Dr.Dr.habil. R. Hoffmann

Tag der Promotion: 28. Februar 1986

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

Meinem lieben Mann
und meinen Eltern
in Dankbarkeit

KYOTO DECLARATION ON AQUACULTURE

The FAO Technical Conference on Aquaculture, assembled in Kyoto, Japan, on 2 June 1976, after a week long review of present state, problems, opportunities and potential for the culture of fish, crustaceans, molluses and seaweeds, declares:

- (4) Aquaculture forms an efficient means of recycling and upgrading low-grade food materials and waste products into high-grade protein-rich food.
- (5) Aquaculture can, in many circumstances, be combined with agriculture and animal husbandry with mutual advantage, and contribute substantially to integrated rural development.

INHALTSVERZEICHNIS

		<u>Seiten</u>
0	ZUSAMMENFASSUNG	1 - 3
0.1	SUMMARY	4 - 6
1	EINFÜHRUNG	7 - 9
2	SCHRIFTTUM	10 - 56
2.1	Proteinbedarf der Regenbogenforelle	11 - 26
2.2	Proteinbewertung	27 - 37
2.3	Proteinfuttermittel	38 - 56
3	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	57 - 105
3.1	Prüffuttermittel	59 - 63
3.2	Versuchsplanung	64 - 69
3.3	Material und Methodik	69 - 105
4	VERSUCHSERGEBNISSE	106 - 148
4.1	Zusatzversuch	106 - 128
4.2	Ergänzungsversuch	128 - 148
5	DISKUSSION	149 - 157
5.1	Nährstoffgehalt der Rationen	150 - 151
5.2	Vergleich der Proteinquellen der Basalrationen (Versuch I)	151 - 152
5.3	Prüffuttermittel	152 - 156
5.4	Eignung der Versuchsmodelle	157
6	ANHANG	158 - 166
7	LITERATURVERZEICHNIS	167 - 181
	Lebenslauf	
	Danksagung	

ZUSAMMENFASSUNG

MODELLVERSUCHE ZUR FUTTERWERTABSCHÄTZUNG VERSCHIEDENER PROTEINQUELLEN IN DER FOTTERUNG VON FORELLEN (S. gairdneri Rich.)

In 2 verschiedenen Versuchsansätzen sollte der Futterwert der Proteinfuttermittel Geflügelschlachtabfälle, Ledermehl und Mikroalgen sowie von getrocknetem Panseninhalt für Forellen untersucht werden. Die Versuchsansätze sollten dabei relativ einfach eine Schnellorientierung über die Einsatzmöglichkeiten von Prüffuttermitteln erlauben.

Der Versuchstyp "Zusatzversuch" beruht auf der Zulage unterschiedlicher Mengen des Prüffuttermittels zu einer proteindefizitären Basalration (ca. 28 % RP), die in allen Versuchsgruppen in gleicher Menge angeboten wird. In erster Linie wird bei diesem Vorgehen die Proteinqualität der Prüffuttermittel untersucht. Als einzige Proteinquelle der Basalration diente eine Casein-Gelatine-Mischung oder ein Fischproteinkonzentrat.

Im "Ergänzungsversuch" wurden die Prüffuttermittel auf 2 Stufen proteinäquivalent entweder gegen Fischproteinkonzentrat oder ein Sojaproteinkonzentrat der vollwertigen Kontrollration (ca. 40 % RP) ausgetauscht.

Als Versuchsparameter dienten Wachstum, Futterverzehr und Futterverwertung. Begleitend (gesonderter Versuch beim Ergänzungsversuch) wurden die Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz, des Rohproteins und der Futterenergie mit Hilfe des Chromoxid-Indikatorverfahrens bestimmt. Über Ganzkörperanalysen repräsentativer Stichproben zu Versuchsbeginn und -ende wurde der Protein- und Energieansatz ermittelt und schließlich die Protein- und Energieverwertung errechnet.

Die Versuche wurden in einer halboffenen Kreislaufanlage durchgeführt, der gesonderte Verdauungsversuch in einer Durchflußanlage. Allen Versuchen ging eine 2 wöchige Vorperiode voran, Zusatz- und Ergänzungsversuch dauerten jeweils 8 Wochen, der Verdauungsversuch 2 Wochen. Für alle Versuche wurden insgesamt 996 Forellen benötigt.

Im Zusatzversuch wurden 5 bzw. 10 g Geflügelschlachtabfälle oder Ledermehl jeweils 90 g einer der beiden Basalrationen zugesetzt. In allen Casein-Gelatine-Gruppen wurden schlechtere Leistungen als in der Fischproteinkonzentrat-Gruppe beobachtet, was nur partiell auf die geringere Zufuhr an Protein in den Casein-Gelatine-Gruppen zurückgeführt werden kann. Als Basisprotein für Zusatzversuche der durchgeführten Art ist daher Fischproteinkonzentrat vorzuziehen. Geflügelmehlzulagen bewirkten Verbesserungen nahezu aller Versuchsparameter, ausgenommen die Verdaulichkeit. Ledermehl läßt vergleichbare relative Effekte nur bei der niedrigen Dosierung erkennen, was auf der geringeren Proteinqualität dieses Futtermittels beruhen dürfte.

Im Ergänzungsversuch wurden 4 und 8 % Rationsprotein aus Fischproteinkonzentrat oder aus Sojaproteinkonzentrat proteinäquivalent gegen Geflügelschlachtabfälle bzw. Ledermehl ausgetauscht. In 4 weiteren Versuchsgruppen wurde eine Blaualgenart (*Spirulina geitleri*) zu 4 und 6 % Rationsprotein eingesetzt. Schließlich wurden noch 10 % getrockneter Panseninhalt wieder gegen Fischprotein- oder Sojaproteinkonzentrat und Maisquellstärke ausgetauscht.

Geflügelmehl erwies sich innerhalb des geprüften Einsatzes (max.13 %) als vollwertiger Fischprotein- und Sojaproteinersatz. Seine Verdaulichkeit wurde etwas schlechter als Fisch- und etwas besser als Sojaproteinkonzentrat bewertet.

Ledermehl ist dagegen nur in geringen Anteilen (6-7 %) ohne Leistungseinbußen als geeignete Proteinquelle zu betrachten. Blaualgen ergaben ein etwas uneinheitliches Bild, insgesamt aber scheint die verwendete Aufbereitung von Forellen eher schlecht ausgenutzt zu werden.

10 % Panseninhalt im Futter führten zu Verbesserungen des Wachstums und der Futterverwertung sowie des Protein- und Energieansatzes. Dieser überraschend positive Effekt wird als Folge einer Strukturzulage zum Futter diskutiert.

Aus den Ergebnissen wird gefolgert, daß beide Versuchsmodelle sich zur Schnellprüfung von Futtermitteln bei Forellen gut eignen.

0.1

SUMMARY

SCREENING TESTS INDICATING THE FEEDING VALUE OF DIFFERENT PROTEIN SOURCES (POULTRY BY PRODUCTS, LEATHER MEAL, MICRO-ALGAE) AND OF RUMEN CONTENTS FOR TROUT (*S. GAIRDNERI* RICH.).

In two different types of experiments, the utilisation of the protein rich feedstuffs poultry by products, leathermeal and micro-algae (*Spirulina geitleri*) as well as of dried rumen content by trout was tested. Both types of experimentation should simply guarantee a rapid information on the further applicability of the feedstuffs to be tested.

The "supplementation type" of experiment is based on the addition of different amounts of test-feedstuffs to a basal diet deficient in crude protein (ca. 28 %) and fed to all groups at the same level. To test the protein quality is the main aim of this procedure. Casein-Gelatine-Mixture (CGM) and fishproteinconcentrate (FPC), respectively, served as sole source of dietary protein in the basal diet.

For the "exchange type" of experiment, FPC and a soybeanconcentrate (SBC), respectively, was replaced by the test-feedstuffs at two levels. The control diet contained 40 % CP (32 % from FPC and 8 % from SBC).

Growth, feed intake and feed conversion were the main experimental criteria. During the supplementation trial, the digestibility of feed dry matter, dietary protein and of gross energy was determined, feces were collected by stripping.

The digestibility of the rations of the exchange trial was analyzed in a separate run. Nitrogen and energy retention was measured by total body mass analysis, finally the gross utilization of protein and energy was calculated.

The growth trials were performed in a half open water circuit system, the digestion trial in a freshwater unit. After a 2 week preperiod, the growth trials lasted 8 weeks and the digestion trial 2 weeks. The experiments were conducted on a total of 996 trout (body weight at start of growth trials 17 and 23 gm).

In the supplementation trial, 5 and 10 gm poultry by product and leathermeal were added to 90 g of CGM and FPC basal diet, respectively. The FPC diets were all superior to the CGM diets, this finding could only partially be explained by the reduced protein supply of the CGM diet. Therefore FPC should be preferred to CGM as protein source in protein deficient diets.

Supplementation by poultry by products led to an improvement of all experimental criteria except digestibility. Leathermeal gave similar results only at the low level, probably due to the inferior protein quality of leathermeal.

4 and 8 % dietary protein from FPC and SBC were isonitrogenously replaced by poultry by products and leathermeal, respectively in the exchange trial. Microalgae were incorporated at levels of 4 and 6 % dietary protein in another 4 groups. 10 % dried rumen content was mixed into the diet in exchange with FPC or SBC, in both cases together with gelatinized corn starch.

Within the range tested (max 13 %), poultry by products were shown as a substitute of full value for FPC and for SBC. It's digestibility could be classified as a little less than FPC and as a little higher than SBC.

Leathermeal is considered as less valuable protein source. It can probably be used up to 6-7 % without negative effects.

The results with microalgae were somewhat contradictory. However, the utilisation of algae protein seems rather unsatisfactory, possibly dependent on the kind of the available preparation.

10 % dried rumen contents led to an improvement of growth rate and feed efficiency as well as of the nitrogen and energy retention in comparison to the control diet. This positive effect is discussed as a follow up of some structural change of the basal diet.

From the results it is concluded, that the types of experimentation described above are suitable models for the screening of feedstuffs on trout.

EINFÜHRUNG

Die Bevölkerung in vielen Ländern der Dritten Welt leidet Hunger, ausgelöst durch einen lokalen Mangel an hochwertigem Protein (und an Nahrungsenergie). Ohne Zweifel kann die Agrikultur in diesen Ländern verbessert, intensiviert werden, so daß die Nahrungsmittelproduktion weiter ansteigt. Grenzen werden aber bereits erkennbar. Dazu kommt, daß der Proteinveredlung über tierische Produktion, wie in den Industrieländern üblich, fallweise religiöse und ethische, aber auch ethnische Hindernisse entgegenstehen (z.B. die heiligen Kühe in Indien, Verbot des Schweinefleischverzehr durch den Islam). Wasserorganismen sind von diesen Hemmnissen weniger betroffen.

Gleichzeitig vermögen auch sie, hochwertiges Eiweiß für die menschliche Ernährung zu liefern. Im Ertrag steht die Seefischerei mit 70 Millionen Tonnen weltweit deutlich vor der Aquakultur mit nur ca. 6 Millionen Tonnen Ertrag, wie die FAO für 1975 errechnet hat. Da die Fangergebnisse der Seefischerei kaum noch merklich gesteigert werden können ("Überfischung der Meere", Verbrauch an Primärenergie), gewinnt die Aquakultur (auch in Brackwasser und küstennahem Salzwasser) immer mehr an Bedeutung.

Die FAO schätzte 1976, daß sich der Aquakulturertrag binnen 10 Jahren verdoppeln, in 30 Jahren verfünffachen könne, wenn entsprechende Hilfen zur Verfügung gestellt würden.

Die weltweiten Versuche zur Intensivierung der Aquakultur sind aber nicht nur unter dem Aspekt der Nahrungsmittelgewinnung zu sehen. Gesichtspunkte wie Nutzung natürlicher Ressourcen (Binnengewässer, Sümpfe), Vernetzung von Agri- und Aquakultur, strukturelle Entwicklung ländlicher Gegenden und schließlich Umweltprobleme (Vorteile des Recycling, aber auch Gewässerbelastung) spielen zunehmend eine wichtige Rolle.

Beim Aufbau oder der Ausweitung einer regionalen Aquakultur-Produktion stehen Fragen der Eignung lokal verfügbarer Fischarten und Futtermittel im Vordergrund. Zwar gelten Karpfen und Forellen als die weltweit am meisten verbreiteten Zuchtfische, lokal zweckmäßige Antworten mögen aber durchaus abweichend ausfallen. Zudem warnen einschlägige Organisationen (z.B. EIFAC: European Inland Fisheries Advisory Commission) vor der Implantation nicht heimischer Fischarten. Deshalb sind hier einfach durchführbare Methoden zur Eignungsprüfung und zur Abschätzung des Nährstoffbedarfs von aktuellem Interesse, wie sie beispielsweise HILGE und GROPP (1985) als Rasteruntersuchungen für den Protein- und Energiebedarf von Aquakulturkanidaten vorschlagen.

Gleiches gilt für die notwendigen Nährstoffquellen. Noch immer dominiert wohl Fischmehl als Proteinquelle in Futtermischungen für intensiv gehaltene Nutzfische. Allerdings kann der Sinn einer Fischproduktion, hier von Fischprotein, aus Fischmehlprotein in Frage gestellt werden, auch wenn nicht verkannt wird, daß aus einem Futtermittel dabei ein qualitativ und geschmacklich hochwertiges Nahrungsmittel entsteht. Fischmehl ist ein Hochpreisfuttermittel mit lokal eingeschränkter Verfügbarkeit. Da es weltweit zunehmend knapper wird, kann die projektierte Ausdehnung der Aquakultur keineswegs in der Hauptsache auf diesem Futtermittel basieren.

Diese Aussage ist grundsätzlich für Industrieländer und Länder der Dritten Welt gleich, auch wenn sie für die letzteren von noch höherem Gewicht sein dürfte. Alternative Proteinquellen werden daher auch in der Aquakultur an die Stelle von Fischmehl treten, wie diese Ablösung sich in der landgebundenen tierischen Produktion in den letzten 20 Jahren bereits vollzogen hat.

Bei der Entwicklung einer regionalen Aquakultur - beispielsweise in Ägypten - steht dabei vorerst nicht die Frage im Vordergrund, zu welchem Anteil ein Proteinsubstitut Fischmehl

ersetzen kann. Es geht vielmehr um schnelle Antworten auf die Frage, ob lokal verfügbare Proteinquellen überhaupt brauchbar von den vorgesehenen Aquakulturkanidaten genutzt werden. Dabei spielt auch das Training der in der Aquakultur Beschäftigten eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Insofern treten in der vorliegenden Arbeit die Wahl der Fischart - hier Regenbogenforelle - und die Auswahl der zu untersuchenden Proteinquellen - hier Geflügelschlachtabfälle, Ledermehl, Panseninhalt und Mikroalgen - in den Hintergrund gegenüber der Prüfung eines Versuchsmodells auf seine grundlegende Eignung, orientierende Bewertungen von Proteinquellen zu ermöglichen.

Als Proteinquellen werden deshalb bewußt Abfallprodukte gewählt, deren Brauchbarkeit in der Forellenernährung aufgrund vorliegender Untersuchungen hinreichend bekannt ist.

Als Modellsituationen dienten dabei der klassische Zulagenversuch und ein sog.Ergänzungsversuch. Im Zulagenversuch wurden zu einer deutlich proteindefizitären Ration mit einem gut verwertbaren Protein als einziger Eiweißquelle die zu prüfenden Futtermittel in jeweils 2 Konzentrationen zugelegt. Im Ergänzungsversuch war das Proteinangebot rechnerisch bedarfsdeckend, bestimmte Anteile des Rationsproteins wurden durch die zu prüfenden Futtermittel zu Lasten eines Kontrollproteins ersetzt. Als Versuchsriterien dienten Wachstum, Futterverzehr und Futterverwertung, Morbidität und Mortalität, die Verdaulichkeit ausgewählter Nährstoffe und schließlich der Stickstoff- und Energieansatz der Versuchsfische.

SCHRIFTTUM

In den folgenden Abschnitten soll zu drei für die durchgeführten Untersuchungen relevanten Gebieten ein kurzgefaßter Überblick gegeben werden.

GLIEDERUNG

- 2.1 Proteinbedarf
 - 2.1.1 Faktorielle Proteinbedarfsermittlung
 - 2.1.1.1 Protein- und Erhaltungsbedarf
 - 2.1.1.2 Leistungsbedarf
 - 2.1.1.3 Proteinbedarf nach faktorieller Ableitung
 - 2.1.1.4 Proteinabbau
 - 2.1.2 Protein-Energieverhältnis
 - 2.1.3 Aminosäurenbedarf
- 2.2 Proteinbewertung
 - 2.2.1 Verdaubarkeit
 - 2.2.1.1 Verdaubarkeit und Wassertemperatur
 - 2.2.1.2 Verdaubarkeit und Fütterungsniveau
 - 2.2.1.3 Verdaubarkeit und Partikelgröße
 - 2.2.1.4 Verdauungskoeffizienten der Futtermittel
 - 2.2.2 Parameter der Proteinverwertung
 - 2.2.3 Kriterien der Proteinqualität
- 2.3 Proteinfuttermittel
 - 2.3.1 Die Standard Reference Diet
 - 2.3.2 Tierische Proteinfuttermittel
 - 2.3.3 Pflanzliche Proteinfuttermittel
 - 2.3.4 Prüffuttermittel
 - 2.3.4.1 Geflügelschlachtabfälle
 - 2.3.4.2 Maschinenleimleder
 - 2.3.4.3 Mikroalgen

2.1

Proteinbedarf der Regenbogenforelle

Forellen benötigen für optimales Wachstum ca. 40 - 46 % Rohprotein im Futter (Tab. 1) (NRC 1981, basierend auf Angaben von MERTZ 1972 und COWEY 1979). Für Brütlinge werden höhere Konzentrationen bevorzugt, die mit bis zu 60 % dem Proteingehalt von Naturfutter angeglichen sind.

Tab. 1: **ROHPROTEINBEDARF (g/kg FISCHFUTTER)**
(zitiert nach NRC 1981)

Fischarten	RP g/kg	Referenzen
Forelle (<i>Salmo gairdneri</i>)	400 - 460	SATIA (1974) ZEITOUN et al.(1976) TIEWS et al. (1976)
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>)	380	OGINO, SAITO (1970)
Königslachs (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	400	DELONG et al. (1956)
Aal (<i>Anguilla japonica</i>)	445	NOSE, ARAI (1972)

Diese relativ hohen Zahlenwerte, die vergleichbare Daten der homöothermen Nutztiere um den Faktor 2 bis 3 überschreiten, werden bisher immer wieder kritisch diskutiert bzw. kommentiert (z.B. TIEWS et al. 1972). Vornehmlich wird eingewendet, daß ein Teil dieses hohen Proteinangebots nur energetisch genutzt wird. Hierfür sprechen relativ niedrige Quotienten Proteinansatz/Proteinzufuhr (meist nur 20 - 30 % gegenüber 40 und mehr Prozent bei landwirtschaftlichen Nutztieren).

Die bessere Respons im Fütterungsexperiment zugunsten höherer Proteinkonzentrationen wird erklärt mit der beschränkten Ausnutzung von Nahrungskohlenhydraten, die in der Regel bei konventioneller Rationsgestaltung und knappem Proteingehalt vermehrt in die Rezeptur Eingang finden. Tatsächlich beeinflusst der Energiegehalt der Ration den Proteinbedarf deutlich (s. 2.1.2).

Allerdings vermag auch eine drastische Steigerung des Energiegehalts über eine Erhöhung des Fettanteils im Futter die für das Wachstum optimale Proteinkonzentration, wenn auch deutlich, so doch nicht in dem aus der vorangestellten Argumentation zu erwartenden Ausmaß zu senken.

Auch ein nicht adäquates Aminosäurenangebot könnte zu überhöhten Bedarfswerten führen. Dagegen sprechen allerdings Befunde, die bei Proteinkonzentrationen von über 40 % noch deutliche Unterschiede in der Biologischen Wertigkeit verschiedener Proteinquellen erkennen lassen.

Andere Untersucher führen erhöhte endogene Proteinverluste über die Haut (Schleimbildung) als mögliche Ursache des hohen Proteinbedarfs an (SCHWALB-BÜHLING, 1982). Dieser Verlust scheint nach neueren Daten (Abb. 1) allerdings nur in der bei homöothermen Tieren bekannten Größenordnung zu liegen (GROPP, BLATT, 1985).

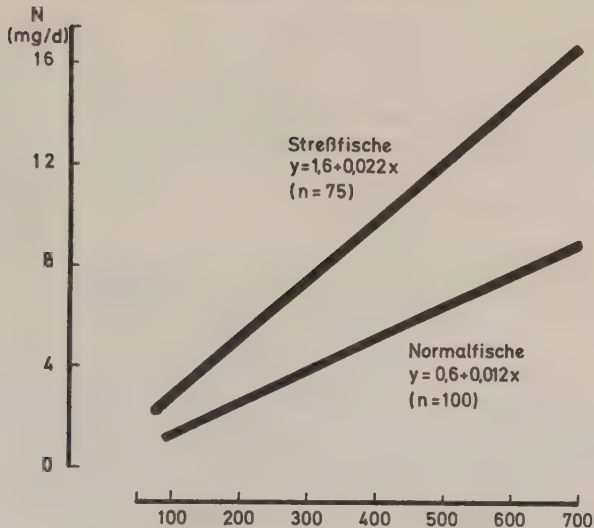
Für Forellen, die unter Normalbedingungen gehalten werden, wurde regressionsanalytisch ein N-Verlust über die Körperoberfläche von 12 mg/kg LM und Tag ermittelt. Unter Streßbedingungen stieg die N-Ausscheidung über Hautschleim erheblich an (22 mg/kg). Obwohl in der zitierten Untersuchung der Schleimverlust über die Kiemen nicht erfaßt wurde, erscheint es unwahrscheinlich, daß der hohe Proteinbedarf von Fischen vorrangig auf erhöhte N-Verluste über die Körperoberfläche zurückzuführen ist.

Abb. 1:

N-VERLUSTE ÜBER SCHLEIM

(Gropp, Black 1985)

Stückgewicht - Bereich : 80-700g



2.1.1

Faktorielle Proteinbedarfsermittlung

Die in Tabelle 1 aufgelisteten Werte über den Proteinbedarf beruhen auf den Ergebnissen von Wachstumsversuchen. Im Gegensatz dazu versucht die faktorielle Methode, den Bedarf aus Teilgrößen für Erhaltung und Leistung unter Einbeziehung von Verwertungsfaktoren zu schätzen (berechnen). Erst kürzlich (1985) hat GROPP eine neue Schätzung des Proteinbedarfs nach faktorieller Methode versucht, die im folgenden zusammengefaßt werden soll.

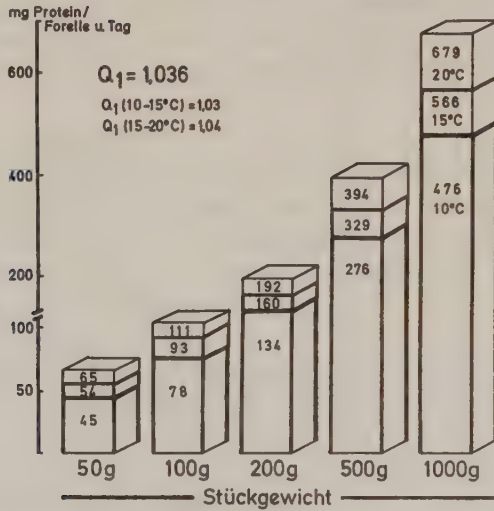
2.1.1.1

Protein-Erhaltungsbedarf

Aus Hungerversuchen von SCHWALB-BÖHLING (1982) wurde der Netto-Erhaltungsbedarf berechnet. Abb. 2 stellt die Ergebnisse dieser Schätzung für verschiedene Stückgewichte und bei verschiedenen Wassertemperaturen graphisch dar.

Abb. 2:
(GROPP, 1985)

PROTEIN NETTO-ERHALTUNGSBEDARF Protein (mg/Tag): $2,5 \times \text{LM(g)}^{0,785} \times 1,036^{T-15}$



PFEFFER und POTTHAST gaben 1977 den Hungerverlust mit 580 mg Protein/kg Forelle und Tag an. Aus der obigen Abbildung ergeben sich unter vergleichbaren Bedingungen 566 mg. Insofern besteht eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Werten.

Besonders hingewiesen sei auf die Temperaturabhängigkeit des Proteinerhaltungsbedarfs. MERTZ (1972) zitiert DELONG et al. (1958) in dem Zusammenhang als Beleg, daß der gesamte Proteinbedarf (von Königslachsen) mit steigender Wassertemperatur zunimmt.

2.1.1.2 **Leistungsbedarf**

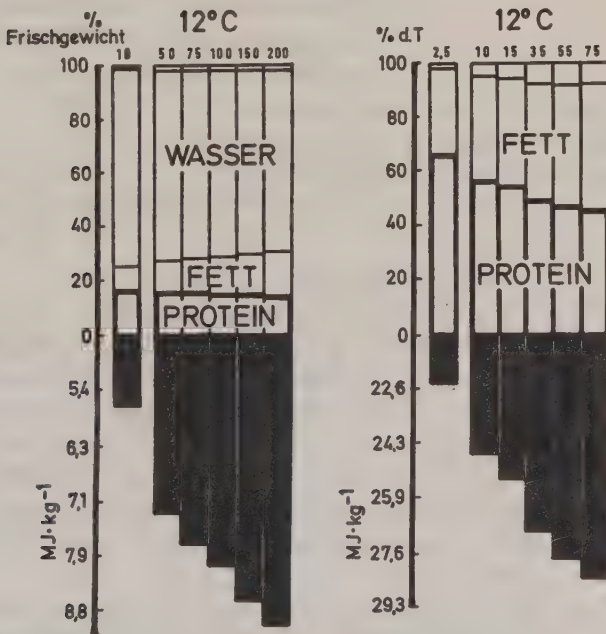
Der Leistungsbedarf läßt sich aus dem Protein-Gehalt des Zuwachses (des Ansatzes) errechnen. PFEFFER (1978) gibt den ermittelten RP-Gehalt des Forellengesamtkörpers aus 51 Analysen mit 17,1 % an, was mit 19,1 % RP in Forellenfilet (TIEWS et al. 1973) in guter Übereinstimmung steht.

Da die Standardabweichung dieser Mittelwerte relativ nur knapp 6 % betrug, unterstellt PFEFFER diesen Proteingehalt auch für den Ansatz.

Offensichtlich nimmt aber doch der Proteingehalt mit zunehmendem Körpergewicht geringfügig ab (Abb. 3, WETHERLEY und GILL, 1983), was durch die mit steigendem Körpergewicht zunehmende Fetteinlagerung erklärt werden kann (siehe auch SCHWARZBACH, 1981).

Abb. 3: **KÖRPERZUSAMMENSETZUNG**

Weatherley and Gill, 1983



Dennoch scheint es erlaubt, für die faktorielle Berechnung mit einem konstanten Wert zu rechnen, da bis zum Stückgewicht einer Speiseforelle die Abweichung klein ist.

2.1.1.3 Proteinbedarf nach faktorieller Ableitung

Tabelle 2 gibt die Berechnungen von GROPP (1985) wieder.

Tab. 2:
(GROPP, 1985)

Proteinbedarfsschätzung

10 Forellen, Stückgewicht: 100g
1,4 % Tageszuwachs, Gewichtsverdopplung
in 50 Tagen
Futtermittelverwertung: 1,10 g Futter/ g LMZ
Wassertemperatur: 15° C

Nettobedarf

Erhaltung : 10x92,9 = 929 mg/Tag	46 g
Zuwachs : 1 kg ; 17,1% Protein	171 g
für DVN : 3,5 g N/kg Futter	24 g
Summe	241 g

Annahmen

Biologische Wertigkeit : 0,7	+ 103 g
Verdaubarkeit 0,88	+ 47 g

Brutto	391 g
---------------	--------------

% im Futter : 35,5

Bedarfsempfehlungen: 40-46 (37,5) %

Der Autor fügt an, daß sich ein Bedarfswert von ca. 33 % RP ergäbe, wenn der DVN mit 1 g statt mit 3,5 g N/kg angenommen wurde.

Andererseits läßt sich aus den Annahmen einer biologischen Wertigkeit von 0,7 und einer Verdaulichkeit von 0,88 auf einen PPW (produktiver Protein-Wert) von über 50 % schließen. Ein so hoher Wert wurde aber bisher kaum experimentell ermittelt.

Insofern darf der errechnete Wert von ca. 36 % Rohprotein im Futter doch eher als brauchbare Bedarfsschätzung angesehen werden. Damit ist eine Größenordnung erreicht, die den Schlußfolgerungen von WATANABE et al.(1979) entspricht (siehe 2.1.2).

2.1.1.4 Proteinabbau

Als eine Möglichkeit, welche den hohen Proteinbedarf der Forelle bei relativ niedrigem PPW erläutern könnte, darf eine hohe Um- und Abbaurates von Protein im Fischkörper in Betracht gezogen werden. In der Regel sind die am Proteinabbau beteiligten Enzyme in ihrer Aktivität von der Proteinzufuhr abhängig. Die katabole Enzymaktivität ist niedrig, wenn das Proteinangebot gering ist, und umgekehrt.

Der im Vergleich zu anderen Säugetieren hohe Proteinbedarf der Katze (ca. 30 % im Futter) wird beispielsweise darauf zurückgeführt, daß die proteinabbauenden Enzyme der Katze sich nicht (mehr?) an ein niedriges Proteinangebot adaptieren lassen.

GROPP hat 1985 die Enzymaktivitäten (für GPT, GOT und GLDH) bei Ratte, Katze und Forelle nach unterschiedlich hoher Zufuhr von Protein verglichen (Abb. 4).

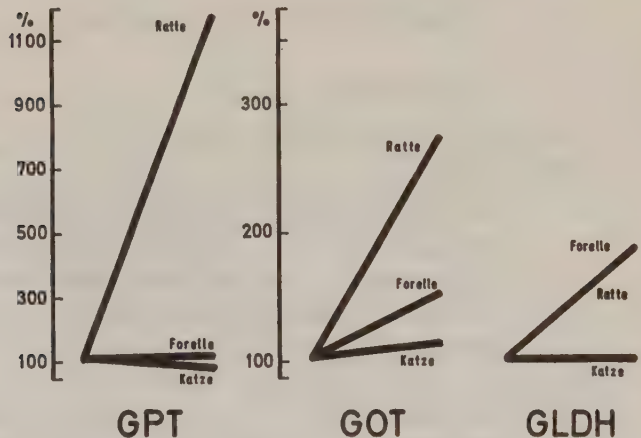
Der Autor schließt aus diesem Vergleich, obwohl auch entgegenstehende Daten bekannt sind (siehe bei PFEFFER, 1978) auf eine mangelnde Adaptationsfähigkeit proteinabbauender Enzyme bei der Forelle, ähnlich wie bei der Katze.

Diese Ausnahme erfährt eine weitere Bestätigung durch Untersuchungsbefunde von GROPP und STERNIK (1985). Die Autoren maßen die Ammoniakabbildung in der Leber. Über die Ergebnisse informiert Abb. 5.

Abb. 4
(GROPP, 1985)

Aminosäuren-abbauende Leberenzyme AKTIVITÄT UND PROTEINVERSORGUNG

Anstieg der Enzymaktivität (Protein arm=100)
bei reichlicher Proteinversorgung (60 - 70 %)



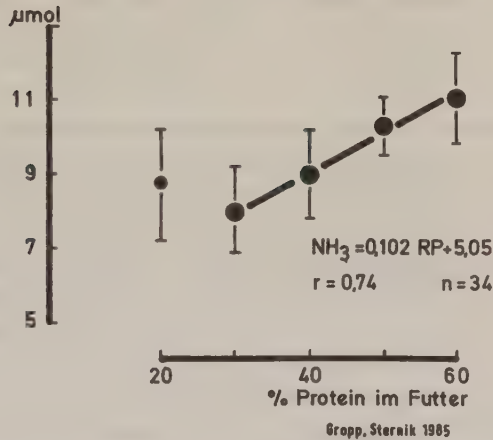
Ratte, Katze nach Rogers et al. 1977,

Forelle nach Sternik, Gropp 1985

Eine zunehmende Proteinaufnahme hat in der Regel eine ansteigende N-Ausscheidung über den Harn zur Folge. Erhöhte N-Ausscheidung ist mit einem ebenfalls erhöhten N-Gehalt (Harnstoff bei Säugetieren) im Blut verbunden. Übersteigt die Protein-Zufuhr den Bedarf, findet sich der gesamte mehr aufgenommene, verdaute Stickstoff im Harn wieder, die Plasma-Harnstoff-Konzentration ist entsprechend erhöht. Bei Fischen müßte ein entsprechender Anstieg der Ammoniak-Konzentration im Plasma bzw. in der Leber erwartet werden. Zwar besteht eine lineare Korrelation zwischen Leber-Ammoniak und Proteinangebot über einem weiten Bereich (s. Abb. 5), wenn aber 50 oder 60 % Rohprotein im Futter den Bedarf um 10 oder 20 % übersteigen würden, hätte eine weit höhere Ammoniak Produktion erwartet werden dürfen. Schließlich weist auch der Plasma-Ammoniak-Spiegel kaum Unterschiede zwischen den Proteinkonzentrationen auf (GROPP, STERNIK 1985).

Abb. 5

PROTEINVERSORGUNG und AMMONIAKBILDUNG $\mu\text{mol NH}_3/\text{g Leber}$



Insofern könnte wenigstens spekulativ der hohe "Bedarfwert" an Rohprotein als echt angenommen werden, da einmal sehr hohe Proteinaufnahmen sich in einem entsprechend gesteigertem Ansatz wiederfinden und andererseits eine relativ hohe basale Abbaukapazität für Proteine bestehen dürfte.

2.1.2

Protein-Energieverhältnis

WATANABE und Mitarbeiter veröffentlichten 1979 die Ergebnisse ihrer Studien mit verschiedenen Fett- und Proteinkonzentrationen im Forellenfutter. Tab. 3 faßt die wesentlichsten Wachstumsdaten zusammen.

Die Untersuchung zeigt eindeutig den proteinsparenden Effekt von Futterfetten und damit auch einer erhöhten Energiekonzentration im Futter auf. Die Autoren schließen aus ihren Daten auf 37,5 % Rohprotein bei 17,5 % Rohfett als optimale Nährstoffkonzentrationen in einem Forellenfutter.

**Tab: 3: DIE WIRKUNG EINES ENGER WERDENDEN PROTEIN-FETT-
VERHÄLTNISSSES IM FUTTER
AUF WACHSTUM UND FUTTERVERWERTUNG**

Fett im Futter (%)	5.3	10.7	15.1	19.3	% RP
Zunahme (%)	43	53	64	61	17.4
g Zunahme/g Futter	0.49	0.62	0.68	0.70	
Zunahme (%)	80	100	112	106	25.8
g Zunahme/g Futter	0.73	0.85	0.98	0.98	
Zunahme (%)	80	100	112	106	35.9
g Zunahme/g Futter	1.00	1.15	1.15	1.22	
Zunahme (%)	130	134	136	171	48.5
g Zunahme/g Futter	1.27	1.34	1.39	1.40	

Unter mehr praxisnahen Verhältnissen konnten später auch GROPP et al. (1982) den eiweißsparenden Effekt von Futterfetten belegen. Tab. 4 informiert über die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen.

**Tab. 4: WACHSTUM UND FUTTERVERWERTUNG VON FORELLEN
NACH FOTTERUNG VON RATIONEN VERSCHIEDENEN
PROTEIN- UND FETTGEHALTS**

		% Rohprotein			
		45	40	35	30
10.0 % Fett	LMZ (g)	218	205	187	160
	FVW	813	763	704	592
12.5 % Fett	LMZ (g)	231	208	186	164
	FVW	870	781	694	617
15 % Fett	LMZ (g)	228	218	203	188
	FVW	870	820	763	704

FVW: g LMZ/kg Futter

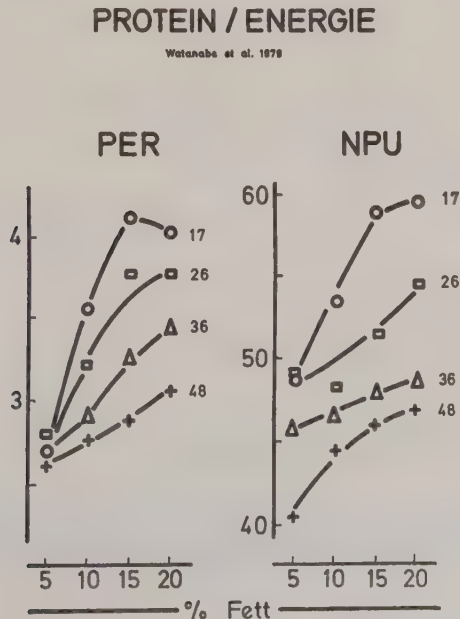
Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, daß mit 5 % Fettzulage ca. 2.5 % Rationsprotein eingespart werden können.

Aus beiden Untersuchungen geht hervor, daß durch eine Erhöhung der Energiekonzentration merklich Rationsprotein eingespart werden kann. Insofern bedürfen die älteren "Bedarfsangaben" doch wohl einer Korrektur nach unten.

Es muß aber gleichwohl angemerkt werden, daß mit steigendem Fettgehalt des Futters eine zunehmende Verfettung des Tierkörpers einhergeht, die sich insbesondere im Eingeweidefett bemerkbar macht und somit dem eßbaren Teil auch nicht zugute kommt (TIEWS et al. 1973). Der für die Fütterungspraxis optimale Fettgehalt im Forellenfutter bedarf daher noch weiterer Überprüfungen.

WATANABE et al. (1979) konnte ferner auch zeigen, daß eine Erhöhung der Energiezufuhr zu einer entsprechenden Verbesserung der Proteinverwertung führt (Abb. 6).

Abb. 6

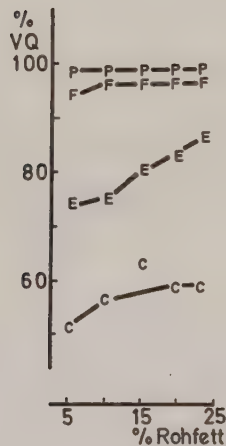


Als Nebenfund ergab sich dabei, daß zunehmende Fettkonzentrationen im Futter die Verdaulichkeit von Rohprotein nicht beeinflussen. Da der Fettzusatz zum Futter in der Regel zu Lasten von Kohlenhydraten erfolgt, überrascht die Zunahme der Kohlenhydratverdaulichkeit nicht (Abb. 7). Da Kohlenhydrate bei Forellen ohnehin relativ schlecht verdaulich sind (GROPP, 1982), führt die Erhöhung der Fettkonzentration nicht nur zu einer Steigerung der Bruttoenergie, sondern zu einer überproportionalen Zunahme der verdaulichen Energie.

Abb. 7

PROTEIN / ENERGIE

Watanabe et al. 1979



2.1.3

Aminosäuren-Bedarf

Aminosäurenbedarfswerte erläutern den qualitativen Aspekt einer Bedarfszahl Rohprotein.

Als erste systematische Untersuchungen gelten die von HALVER (1957) an Setzlingen des Chinook Salmon (pazifischer Lachs)

ermittelten Bedarfswerte. Sie wurden später auf Forellen übertragen. Tab. 5 gibt eine Übersicht über diese Angaben. Zusätzlich sind noch die korrespondierenden Werte für Karpfen und Aal angegeben.

Hinsichtlich des AS-Bedarfs für Forellen fallen hohe Werte für Lysin und Arginin sowie relativ niedrige Werte für Tryptophan auf. Die Unterschiede zwischen den 3 Fischarten sind nach Tab. 5 beachtlich, sie beziehen sich insbesondere auf Threonin, Isoleucin, Tryptophan und Arginin.

Tab. 5: **AMINOSÄURENBEDARF**
ESSENTIELLE AMINOSÄUREN (% v. RP)
(zit. nach GROPP, (1978)
nach MERTZ, HALVER, KETOLA, NOSE et al.)

	Forelle	Karpfen	Aal
% Rohprotein	40	38	45
Threonin	2.25	3.9	3.6
Lysin	5.0 ¹⁾	5.7 ³⁾	4.8
Methionin	1.5 ¹⁾	3.1 ³⁾	3.3 ⁵⁾
Leucin	3.9	3.3	4.1
Isoleucin	2.5	2.5	3.6
Valin	3.2 ²⁾	3.6 ⁴⁾	3.6
Phenylalanin	5.1 ²⁾	2.6 ⁴⁾	---
Tryptophan	0.5	0.8	1.0
Arginin	6.0	4.3	3.9
Histidin	1.7	2.1	1.9

- 1) Bei 1,8 % Cystein 2) Phenylalanin+Tyrosin: 6-7 %
3) bei 0 Cystein 4) bei 2.6 % Tyrosin
5) bei 1.6 % Cystein

Umfassende neuere Untersuchungen über den Bedarf von Regenbogenforellen und Karpfen aufgrund des täglichen Anstiegs der essentiellen Aminosäuren im Fischkörper sind von OGINO (1980)

durchgeführt worden. Den Bedarf drückte OGINO in % vom Rohprotein aus, wobei er 40 % Rohprotein mit 80 % Verdaulichkeit voraussetzte. Dabei betonte OGINO (Tab. 6) die Ähnlichkeit der Bedarfswerte zwischen Regenbogenforelle und Karpfen.

Tab. 6: **AMINOSÄURENBEDARF**
FÜR REGENBOGENFORELLEN UND KARPFFEN
% vom Rohprotein (OGINO, 1980)

	Regenbogenforelle	Karpfen
Lysin	5,3	5,3
Histidin	1,6	1,4
Arginin	3,5	3,8
Tryptophan	0,5	0,6
Cystin	0,9	0,8
Methionin	1,8	1,6
Tyrosin	2,1	2,0
Phenylalanin	3,1	2,9
Threonin	3,4	3,3
Valin	3,1	2,9
Isoleucin	2,4	2,3
Leucin	4,4	4,1

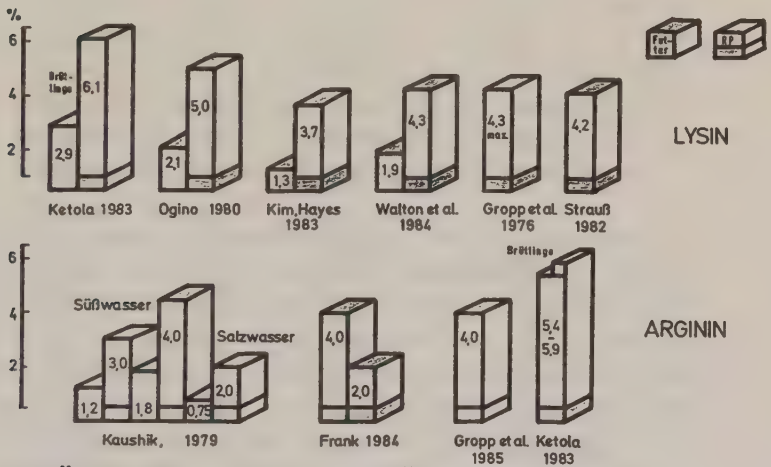
Heute liegen zu den einzelnen Aminosäuren unterschiedlich viele und nach verschiedenen Methoden ermittelte Bedarfswerte für Forellen vor. Abb. 8 vermittelt einen Überblick über neuere Bedarfswerte bei Lysin und Arginin.

Für Brütlinge scheinen demnach deutlich höhere Werte zu gelten. Für Setzlinge und größere Forellen dürften heute 4.3 % Lysin im Protein und 3-4 % Arginin als ausreichend gelten.

Für Tryptophan scheinen sich eher etwas höhere Werte als früher angenommen (0,5 % vom RP) einzupendeln. Spannen von 0,5 - 0,75 % entsprechen neueren Untersuchungen (nach GROPP, 1985). Dieselbe Entwicklung scheint auch für Threonin zu gelten. Er-

ste Werte nennen noch 2,25 % im RP als ausreichend, OGINO (1980) gibt 3,4 % an und GROPP (1985) weniger als 3,2 %. Ca. 3 % Schwefelaminosäuren (Methionin und Cystein) dürften heute als bedarfsdeckend gelten.

Abb. 8
(GROPP, 1985)



SCHÄTZUNGEN DES AMINOSÄUREN-BEDARFS

Die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Autoren hinsichtlich der Aminosäureangaben sind zum großen Teil sicher nicht nur auf das Fischmaterial, sondern auch auf die unterschiedliche angewandte Methodik bzw. die Versuchsparameter zurückzuführen.

Über die Verdaubarkeit von Aminosäuren liegen verhältnismäßig wenig Angaben vor. Beispielhaft sind in Tabelle 7 Fischmehl mit einer RP-Verdaubarkeit von 89,1 %, Geflügelmehl (Schlachtabfälle) mit einer RP-Verdaubarkeit von 77,6 % und Tierkörpermehl (75,5 %) ausgewählt.

Tab. 7: AS-VERDAUBARKEIT (%)
VENS-CAPELL (1983)

	Fisch- mehl	Geflügel- mehl	Tierkörper- mehl
RP	89.1	77.6	75.5
Asp	87.0	62.5	45.3
Thr	91.8	79.3	68.6
Ser	87.9	76.4	68.4
Glu	93.5	74.8	76.4
Pro	92.4	82.1	79.1
Gly	88.4	85.4	81.7
Ala	92.8	84.8	82.7
Val	92.3	85.8	79.4
Meth	91.1	94.2	84.7
Ileu	92.9	90.1	77.0
Leu	94.8	86.1	77.8
Tyr	77.7	69.9	63.6
Phe	91.3	86.1	77.3
Lys	95.2	87.8	75.1
His	90.9	89.4	62.8
Arg	92.3	87.3	83.0
AS	91.6	81.8	75.6

Neben den beträchtlichen Unterschieden in der Verdaulichkeit einzelner Aminosäuren eines Futtermittels fällt auf, daß die Mittelwerte der RP- und der AS-Verdaubarkeit bei Geflügelmehl deutlich voneinander abweichen, während beide Mittelwerte bei den hoch- und schlechtverdaulichen Futtermitteln ziemlich gut übereinstimmen.

2.2

Proteinbewertung

Drei Hauptfaktoren bestimmen den Wert eines Nahrungs- und Futtermittels als Proteinquelle: Der Proteingehalt, die Aminosäurezusammensetzung des Proteins und die Verfügbarkeit der essentiellen Aminosäuren für die Proteinsynthese (MELNIK, OSER 1946, OGINO et al. 1973).

Die Proteinbewertung bezieht sich letztlich auf den leistungsabhängigen Bedarf an Aminosäuren. Deshalb ist für eine richtige Beurteilung des Nährwertes eines Futterproteins neben der Aminosäurezusammensetzung und der Resorbierbarkeit der Aminosäuren eine gute Kenntnis des Aminosäurebedarfs der betreffenden Tierart Voraussetzung (POSCHNER et al. 1983).

In der Regel (Säugetiere, Geflügel) wird der produktive Proteinwert (N-Ansatz/N-Aufnahme) zur Proteinbewertung nur bei suboptimaler Proteinversorgung bestimmt. Bei Forellen werden sowohl bei sehr geringer Proteinversorgung (wenig über dem Erhaltungsbedarf) als auch bei reichlicher Proteinversorgung relativ niedrige produktive Proteinwerte (PPW) gemessen (LEE and PUTNAM 1973, PAGE and ANDREWS 1973, BODECKER 1979, SCHWARZBACH 1981).

2.2.1

Verdaubarkeit

KELLNER (1912) unterschied in seiner Fütterungslehre die Begriffe Verdaulichkeit (= Verdaubarkeit) und Verdauungskoeffizient. Als Verdauungskoeffizient (V, auch Verdauungsquotient) wird der Quotient aus der Differenz von aufgenommenen und ausgeschiedenen Nährstoffen und der Menge der aufgenommenen Nahrung bezeichnet.

$$V = \frac{F - K}{F}$$

wobei F der Menge der aufgenommenen Nährstoffe und K der Menge der Nährstoffe im Kot entspricht.

Dabei gibt die Verdaulichkeit an, wieviel eines Nährstoffs enzymatisch aufgespalten und resorbiert wird. Selbst bei Verwendung nur einer Proteinquelle kann die Verdaulichkeit unterschiedlich sei, da Herkunft und Herstellungstechniken eine Rolle spielen.

Früheste Methoden beruhten auf direkter quantitativer Erfassung der aufgenommenen Nahrungsmenge und abgegebenen Exkrete (MIGITA et al. 1937, TUNISON et al. 1942).

Mit wesentlich geringerem Aufwand läßt sich die Verdaulichkeit im Tierexperiment mit dem Indikatorverfahren bestimmen. Das Prinzip der Indikatormethode besteht darin, dem Futter eine chemisch inerte, nicht wasserlösliche und unverdauliche Substanz beizumischen, die sich im Laufe der Verdauung im Darminhalt konzentriert. Die Verdaulichkeit läßt sich aus der Konzentrationsänderung des Indikators von Futter zu Kot bestimmen, so daß sich eine quantitative Erfassung von Futter und Kot erübrigt. Diese Methode mit Chromoxid als Indikatorsubstanz (1918 von EDIN) entwickelt und erfolgreich bei landwirtschaftlichen Nutztieren angewandt, wurde erstmals 1960 von NOSE an Fischen beschrieben.

Aus dem Verhältnis von Indikator und Nährstoff im Futter und Kot läßt sich die scheinbare Verdaubarkeit (V) errechnen. Daraus ist zu schließen, daß die angesprochene Überlegenheit der Indikatormethode über das quantitative Sammeln des Kots bei Verdauungsversuchen mit Fischen nur dann gewährleistet ist, wenn eine mikrobielle Zersetzung des Kots verhindert werden kann.

Für die Kotgewinnung bei Fischen sind verschiedene Methoden entwickelt worden. Dabei sind drei grundsätzliche Möglichkeiten zu unterscheiden:

- 1) Die Entnahme des Kotes aus dem Enddarm durch Ausstreichen (Stripping) vor der natürlichen Ausscheidung,
- 2) Die operative Methode (Katheterisierung des Enddarms, Sammelblase am Katheter),
- 3) Das Sammeln des ausgeschiedenen Kots aus dem Aquarienwasser direkt (Collection, netting) oder über eine kontinuierlich betriebene Absaugleitung (Guelph System).

Mit der letztgenannten Methode (Netting) ist eine Auslaugung der Nährstoffe verbunden (WINDELL et al. 1978, NEHRING, 1963), die dazu führt, daß höhere scheinbare Verdaulichkeitswerte vorgetäuscht werden. Dieser Nachteil wird beim Guelph System vermindert. Die geringeren Verdaulichkeitswerte, die beim Ausstreichen des Kotes erhalten werden, sind wahrscheinlich auf Anreicherung des Kotes mit Körperflüssigkeiten zurückzuführen.

Die Verdaulichkeitswerte, die mit Methoden der intestinal dissection bzw. anal suction (WINDELL et al. 1978) und dem Guelph System (CHO und SLINGER 1978) ermittelt werden, ergaben bei Protein (90.2 bis 91.0 %) und Fett (96.7 bis 97.4 %) eine gute Übereinstimmung.

2.2.1.1

Verdaubarkeit und Wassertemperatur

Mit fallender Wassertemperatur sinkt auch die Verdaubarkeit von Nährstoffen, wie das SCHWALB-BÖHLING 1982 überzeugend zeigen konnte. In Tab. 8 sind die Daten von SCHWALB-BÖHLING hinsichtlich der Trockensubstanz-, Rohprotein- und Energieverdaulichkeit zusammengefaßt.

Tab. 8: **VERDAULICHKEIT und WASSERTEMPERATUR (9 -15°C)**

	Anhebung/1°C	Echt-Wert bei 9°C)
TS	1,2%	74,7%
RP	0,7%	85,2%
Energie	0,8%	86,6%

Die auffallende Änderung des Verdaulichkeitskoeffizienten war hier im Bereich zwischen 9 und 15°C Wassertemperatur angesiedelt. Höhere Wassertemperaturen bewirkten kaum noch eine Änderung (s. auch Abb. 9).

Ganz anders sind dagegen die Untersuchungsergebnisse von CHO und SLINGER (1978) ausgefallen. Demnach sollten zwischen 9 und 15°C keine Unterschiede erwartet werden, wohl aber wäre bei 18°C mit einer angehobenen Verdaulichkeit der Trockensubstanz des Futters, Rohprotein, Rohfett und der Futterenergie zu rechnen. Auffallend ist hier allerdings die hohe Verdaubarkeit der Rohproteinfraktion (über 90 %), die sich aus Fischmehl, Sojaextraktionsschrot und Weizennachmehl zusammensetzte, da beide letztgenannten Futtermittel nicht für ihre hohe Verdaulichkeit bekannt sind.

WINDELL et al. (1978) fanden bei größeren Fischen keine Verdaulichkeitsunterschiede zwischen 7, 11 und 15°C. Bei 18 g schweren Forellensetzlingen und 7°C Wassertemperatur war allerdings die Verdaubarkeit reduziert.

2.2.1.2

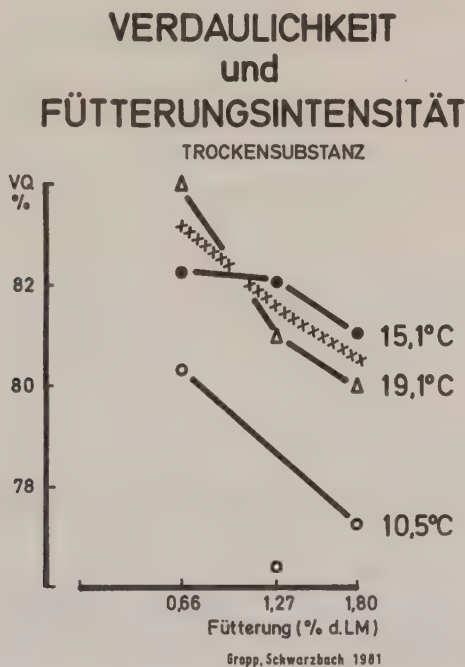
Verdaubarkeit und Fütterungsniveau

Abb. 9 läßt neben der Beziehung TS-Verdaubarkeit und Wassertemperatur schließlich auch erkennen, daß mit steigender Futterzufuhr die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz abnimmt.

Davon betroffen sind alle Nährstoffe des Futters in etwa gleichem Maße. Dieser Befund ist auch eine der Ursachen für die bereits ab einer relativ geringen Futterzufuhr (ca. 0,6 % der LM täglich) sich verschlechternden Futterverwertung bei einer weiteren Verzehrssteigerung.

Abb. 9

(GROPP, 1985)



Andere Untersucher weisen allerdings daraufhin, daß nur bei sehr kleinen Fischen die Verdaulichkeit signifikant beeinflusst würde (WINDELL, 1978). Speziell bei Forellen <6 g war die Rohprotein-Verdaulichkeit auf 40 bis 69 % herabgesetzt (KITAMIKADO et al. 1964b).

2.2.1.3

Verdaubarkeit und Partikelgröße

In einem Versuch (GROPP 1984, BODECKER 1979) wurden drei annähernd isokalorische und isonitrogene Rationen getestet, bei

denen die Partikelgröße des Fischmehls 80 μ , 500 μ und 1000 μ nicht überschritt (siehe Tabelle 9).

Tab. 9: DER EINFLUSS VON VERSCHIEDENEN VERMAHLUNGSGRADEN
AUF DIE VERDAULICHKEIT (BODECKER 1979)

VERDAULICHKEIT

RP: 40 % im Futter

Fischmehl unterschiedlicher Partikelgröße

Max. Partikelgröße	80 μ	500 μ	1000 μ
TS (%)	74,1	68,7	61,7
RP (%)	87,4	83,5	75,7
Rohfett (%)	88,3	84,9	81,2
Energie (%)	87,4	84,1	79,2

Die scheinbaren Verdaubarkeiten sämtlicher Futterinhaltsstoffe verschlechterten sich mit zunehmender Partikelgröße. Ebenso verringerte sich der Anteil an verdaulicher Energie, aber auch von Nettoenergie in den Rationen. Entsprechend wurde die beste Futterverwertung bei der Ration mit der kleinsten Partikelgröße festgestellt.

KITAMIKADO et al. (1964 a) stellten ebenfalls fest, daß mit zunehmender Partikelgröße die Verdaubarkeit der in Weißfischmehl enthaltenen Nährstoffe abnimmt. Sie fanden auch bei kleinen Fischen (unter 6 g) eine reduzierte Fähigkeit zur Proteinverdauung. Die Proteinverdaulichkeit von Weißfischmehl sank von durchschnittlich 82 % bei größeren Tieren auf 69 % bzw. 40 % bei 6,4 bzw. 5,6 g schweren Regenbogenforellen.

2.2.1.4

Verdauungskoeffizienten von Futtermitteln

In Abhängigkeit von Herkunft und Rohproteingehalt schwankt die Verdaulichkeit des Rohproteins von Fischmehl zwischen 68 und 94.6 % (KITAMIKADO et al. 1964, WINDELL et al. 1978).

Die in der Literatur angegebenen Werte der Rohproteinverdaulichkeit liegen im Bereich von 12.0 bis 99.5 %. Angaben über die verdauliche Energie schwanken zwischen 20.0 und 91.3 %.

Die Verdaulichkeit der Kohlenhydrate variiert zwischen Null und 100 %. Für die Verdaulichkeit der Rohfettfraktion werden Werte von 61.4 bis 97.3 % angegeben.

Die hohen Schwankungen der Verdaulichkeit sind in erster Linie durch verschiedene Nährstoffquellen und unterschiedliche Futterzusammensetzungen bedingt.

In Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Trockenfutters mit einem Rohproteingehalt von 40.5 bzw. 41.1 % und einem Anteil pflanzlicher Proteine von 18 bzw. 20 % lag die Verdaulichkeit zwischen 86 und 94 % (MANN 1967).

Die besten Verdaulichkeitswerte fallen dabei nicht nur mit dem größten Proteingehalt, sondern auch mit dem höchsten Anteil an tierischem Eiweiß zusammen. Ähnliche Ergebnisse hatten Japaner (KITAMIKADO et al. 1964) in Fütterungsversuchen festgestellt, als sie gefrorenen Fisch oder Futtergemische aus tierischen und pflanzlichen Mehlen an Regenbogenforellen verfütterten. Das Protein der Futterfische wurde zu 92 bis 96 % verdaut; wurden den Futtergemischen aber pflanzliche Mehle beigemischt, so sank die Verdaulichkeit mit zunehmendem Gehalt an pflanzlichem Protein ab. Bei Futtergemischen, in denen pflanzliche Mehle vorherrschten, ging die Verdaulichkeit bis auf 70 % zurück.

Auch die meisten Blutmehle weisen mit 23 bis 65.2 % eine sehr geringe Proteinverdaulichkeit auf. CHO und SLINGER (1978) fanden Werte von 39.8 ± 10.3 % für Rohprotein und für Energie 51.4 ± 3.8 %. Sie führen diese geringe Verdaulichkeit auf Überhitzung bei der Herstellung zurück.

Für Casein geben KITAMIKADO et al. (1964) die Verdaulichkeit mit 73 bis 94 % an, hydrolysiertes Federmehl bzw. Mehl aus Geflügelschlachtabfällen wiesen in Abhängigkeit vom Hersteller unterschiedliche Werte in der Rohprotein-Verdaulichkeit von 52.4 bis 87.5 % (zitiert nach SCHWARZBACH 1981).

LALL und BISHOP (1976) fanden, daß die Rohproteinverdaulichkeit mit abnehmendem Gehalt an Rohprotein im Futter sinkt. Dieser Befund muß wohl auch im Zusammenhang mit dem bei Fischen relativ hohen Darmverluststickstoff (DVN) gesehen werden.

2.2.2 Parameter der Proteinverwertung

Gebräuchlichster Maßstab der Proteinbewertung ist die N-Bilanz (N-Retention), die in Bilanzversuchen (N-Aufnahme minus N-Ausscheidung über Kot, Harn und Kiemen) oder durch Gesamtkörperanalysen (N-Bestand bei Versuchsende minus N-Bestand bei Versuchsbeginn) ermittelt werden kann.

Die N-Retention, ausgedrückt als Prozent der N-Aufnahme, wird als Produktiver Proteinwert (PPW) bezeichnet.

Von geringerer Bedeutung ist die Protein Efficiency Ratio (PER), welche das Verhältnis der Lebendmassezunahme zur Protein-Aufnahme angibt.

Erwartungsgemäß spiegeln diese Parameter die Qualität eines Proteins, seine Verdaulichkeit und seinen Gehalt an essentiellen (und nichtessentiellen) Aminosäuren sowie deren Verhältnis zueinander und die Aminosäuren-Verfügbarkeit wider. Sie sind aber auch abhängig von der Höhe des Proteinangebots, da eine Erhöhung der Proteinzufuhr den Ansatz nur in einen sehr engen Bereich hinein zu steigern vermag und bedarfsüberschreitende Proteinmengen den N-Ansatz schließlich überhaupt nicht weiter beeinflussen.

Eine Bestimmung des PPW und der PER ist daher streng genommen nur bei suboptimaler Proteinversorgung erlaubt. Bei bedarfsdeckender Protein- bzw. Aminosäuren-Versorgung sind kaum noch Unterschiede zwischen einzelnen Eiweißfuttermitteln zu erwarten. Die PPW ist hier eher ein Maß für die tierartspezifische, unter praktischen Fütterungsverhältnissen anzutreffende Proteinausnutzung. Andererseits werden an Forellen, selbst bei reichlicher Proteinzufuhr, noch Unterschiede in der Biologischen Wertigkeit von Proteinen gemessen, was letztlich zur Bestimmung der PPW auch bei bedarfsnahen Proteinkonzentrationen im Futter geführt hat. Schließlich ist noch anzumerken, daß PPW und PER-Werte verschiedener Futtermittel bzw. Futtermischungen nur bei gleicher Protein-(N)-Zufuhr miteinander verglichen werden dürfen.

Bei bedarfsnaher Proteinversorgung werden bei Forellen in der Regel PPW-Werte zwischen 20 und 35 % gemessen, die im Vergleich zu 30 - 60 % bei Säugetieren relativ niedrig liegen (OGINO et al. 1973, RYCHLY 1980, GROPP, KÜCHLE 1983, REITER 1984, SCHWALB-BÖHLING 1982). Diese Werte wurden mittels der Gesamtkörperanalyse ermittelt.

Bei Anwendung der Bilanzmethode wurde allerdings auch schon ein PPW von 60 % gemessen, was wohl auf Sammelverluste, die bei dieser Berechnungsart dem N-Ansatz zugeschlagen werden, zurückzuführen sein dürfte.

Der PPW unterscheidet sich bei geringer und reichlicher Proteinversorgung von Forellen kaum (SCHWARZBACH 1981, BODECKER 1979, PAGE et al. 1973, LEE et al. 1973).

Beispiele für die Beeinflussung der PPW durch die Verdaulichkeit und Biologische Wertigkeit eines Proteins finden sich bei OGINO et al. (1973), durch den Vermahlungsgrad, der wiederum die Verdaulichkeit mitbestimmt bei BODECKER (1979) sowie SCHWALB et al. (1980), durch die Futterzusammensetzung, d.h. den Kohlenhydrat- bzw. Fettgehalt, bei PHILIPPS et al. (1966, 1967), LEE und PUTNAM (1973), PAGE und ANDREWS (1973), STEFFENS et al. (1973, 1975), OGINO et al. (1976), PFEFFER et al. (1977), RYCHLY et al. (1979), RYCHLY (1980), WATANABE et al. (1979) sowie GROPP et al. (1983).

2.2.3

Kriterien der Proteinqualität

Die Proteinqualität wird in der Regel als Biologische Wertigkeit (BW) oder Netto-Protein-Utilisation (NPU) ausgedrückt.

Dabei weichen die Definitionen beider Parameter von der für Säugetiere gültigen Formeldarstellung ab (CASTELL und TIEWS 1980), da bei Fischen die N-Ausscheidung über die Kiemen zusätzlich mitgemessen werden muß.

$$BW = \frac{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} - N_{\text{Harn}} - N_{\text{Kiemen}} + \text{DVN} + \text{EHN} + \text{EKN}}{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} + \text{DVN}}$$

$$NPU = \frac{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} - N_{\text{Harn}} - N_{\text{Kiemen}} + \text{DVN} + \text{EHN} + \text{EKN}}{N_F}$$

DVN: Darmverluststickstoff

EHN: endogener Harnstickstoff

EKN: endogener Kiemenstickstoff

Die Biologische Wertigkeit gibt somit an, wieviel des tatsächlich verdauten Futterproteins für die körpereigene Proteinsynthese genutzt werden kann. Die NPU unterscheidet sich von der BW lediglich durch den Bezug des Synthesevermögens auf den zugeführten Futter-Stickstoff anstelle des absorbierten Stickstoffs.

Die theoretisch notwendige Einbeziehung des durch Hautabschilferungen und Schleimbildung entstehenden N-Verlusts in die Summe der N-Ausscheidungen unterbleibt hier ebenso wie in aller Regel bei der an Säugetieren angewandten Bilanztechnik.

Die Bestimmung der BW und der NPU nach den oben angeführten Formeln, welche die quantitative Sammlung aller N-Ausscheidungen notwendig macht, stößt aus methodischen Gründen (aquatische Umgebung) auf große Schwierigkeiten.

Deshalb wurde versucht, sich der Bestimmung der NPU auf anderem Wege zu nähern. Der N-Ansatz ($N\text{-Futter} - N\text{-Kot} - N\text{-Harn} - N\text{-Kiemen}$) kann auch über Tierkörperanalysen gemessen werden ($N\text{-Fisch zu Versuchsende} - N\text{-Fisch zu Versuchsbeginn}$). Die endogenen Verluste (normalerweise $DVN + EHN + EKN$, bei N-freier Fütterung erfaßt) werden den N-Verlusten während einer gleich langen Hungerperiode gleichgesetzt ($N\text{-Fisch zu Versuchsbeginn} - N\text{-Fisch bei Ende der Hungerperiode}$). Damit wird die NPU methodisch besser zugänglich.

Dennoch liegen nur ganz wenige Versuche zur NPU-Bestimmung vor, die Versuchsbedingungen sind meist derart verschieden, daß eine vergleichende Futtermittelbewertung derzeit anhand der NPU auch in Ansätzen nicht möglich ist.

2.3

Proteinfuttermittel

Fischmehl gilt schlechthin als Standard, der bis vor kurzem nur unter Ertragseinbußen ersetzt werden konnte. Dennoch gelingt heute der mehr oder weniger vollständige Ersatz von Fischmehl mit brauchbarem Erfolg (GROPP, 1984).

Andere tierische Futtermittel sowie Abfallprodukte der tierischen Produktion spielen eine besondere Rolle (GROPP 1982).

Um eine erfolgreiche Fischzucht mit Ersatzfutter durchzuführen müssen von diesem einige Voraussetzungen erfüllt werden. Die wichtigsten sind:

- 1) Biologische Vollwertigkeit für Fische
- 2) Gute Verdaubarkeit
- 3) Sichere Aufnahme durch die Fische
- 4) Eine Konsistenz verbunden mit Eigenschaften, die
 - a) eine leichte Auflösung und Zersetzung im Wasser verhindert
 - b) langsames Sinken im Wasser bewirkt
 - c) keine Wassertrübung zur Folge hat.
- 5) Wirtschaftliche Rentabilität (APPELBAUM 1977)

Kostengünstige Mischfuttermittel sind auch die Voraussetzung schlechthin für die Ausweitung bzw. Intensivierung der Aquakultur (TIEWS et al. 1975).

2.3.1

Proteinquellen der Standard Reference Diet

Eine Arbeitsgruppe der EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) zur Standardisierung der Methodologie in der Fischernährungsforschung (CASTELL, TIEWS 1980) empfiehlt

in Fütterungsversuchen die Mitführung einer Standard Reference Diet (SRD). Die SRD soll den direkten Vergleich der Untersuchungsergebnisse verschiedener Laboratorien erlauben und als eine Art interner Standard dienen.

Eine derartige SRD muß die Nährstoffe in ausreichendem und ausgewogenem Verhältnis enthalten, sich auf überall in gleicher Qualität beziehbare Komponenten stützen, mit einer standardisierbaren Methode herzustellen sein und eine bestimmte Lagerfähigkeit aufweisen.

Die Arbeitsgruppe empfahl dann eine bereits früher von HALVER (1957) entwickelte und angewandte Ration (Tab. 10).

Tab. 10: STANDARD REFERENCE DIET (SRD)

Komponenten	(g)
Casein, vitaminfrei	38
Dextrin, weiß	28
Gelatine	12
Maisöl	6
Dorschlebertran	3
Vitamin-VM ¹⁾	9
Mineralstoff-VM ²⁾	4
Gesamt	100
Wasser	200
Fertiges Futter	300

1) Vitamin-Vormischung (alle Angaben in g):
 Cellulose 8.0; Cholinchlorid 0.5; Inosit 0.2; L-Ascorbinsäure 0.1; Nikotinsäure 0.075; Ca-Pantothenat 0.05; Riboflavin 0.02; Thiamin HCl 0.005; Pyridoxin HCl 0.005; Menadion 0.004; Folsäure 0.0015; Cobalamin 0.0011; Biotin 0.0005; α -Tocopherolacetat 0.04.

- 2) Mineralstoff-Vormischung (alle Angaben in g):
USP XII, Nr.2: 100.0; Aluminiumchlorid ($\times 6 \text{ H}_2\text{O}$) 0.015;
Zinksulfat ($\times \text{H}_2\text{O}$) 0.3; Kupferchlorid 0.01; Magnesiumsulfat
($\times \text{H}_2\text{O}$) 0.08; Kaliumjodid 0.015; Kobaltchlorid ($\times 6 \text{ H}_2\text{O}$)
0.1.

Diese SRD basiert auf Casein als Hauptproteinträger. Bei Casein als alleiniger Proteinquelle läßt sich ein Mangel an Arginin, eine Bedarfsdeckung an Methionin und eine relativ starke Überdosierung der restlichen acht essentiellen Aminosäuren feststellen.

Durch Kombination von Casein mit Gelatine kommt es zwar zu einem leichten Methioninmangel, jedoch wird der Bedarf an Arginin besser gedeckt. Das Verhältnis der übrigen Aminosäuren wird enger gestaltet, so daß einem eventuell möglichen negativen Effekt einer Überdosierung besser vorgebeugt wird (SCHULZ et al. 1981a).

Auch ANDREWS et al. (1977) schlugen die Ergänzung von gereinigten Diäten auf Casein-Basis durch Gelatine oder Arginin vor, da bei Casein als alleiniger Proteinquelle vor allem Arginin zur limitierenden Aminosäure wird.

HALVER verwendete die Gelatine, neben ihrer Aufgabe als Proteinlieferant, hauptsächlich wegen ihrer Eigenschaft, in Wasser aufzuquellen. Dadurch wurde die Verbindung der Rationsbestandteile gewährleistet. Die mit dieser SRD erzielbaren Wachstumsraten bei Forellen sind nicht sonderlich hoch (REITER 1984).

SCHULZ et al. (1981a) verwendeten die Halver'sche Diät als Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung, die Casein-Gelatine-Sonnenblumenöl (CGS) Testdiät (Tabelle 11).

Tab. 11: CGS-TESTDIÄT
(nach SCHULZ et al. 1981)

Casein	37.79
Gelatine	12.80
Sonnenblumenöl	9.85
α -Cellulose	8.97
Maisquellstärke	18.26
Mineralstoff-VM	7.00
Vitamin-VM	3.33
Wasserzusatz	---*

* (91.8 % Trockensubstanz der Futterpellets)

Hier kommt der Gelatine wieder große Bedeutung wegen ihrer Ergänzungswirkung zu Casein im Hinblick auf eine nahezu optimale Aminosäurenkombination zu. Die selben Autoren stellten schließlich 4 Forderungen an eine halbgereingte Diät (SRD) auf, die sie durch CGS (Tab. 11) als erfüllt angaben.

- 1) Über einen Versuchszeitraum von mindestens 80 Tagen müssen Fische vollwertig ernährt werden können, ohne daß Mangelsymptome auftreten.
- 2) Parameter, die zur Beurteilung der Futtermischung herangezogen werden, haben Werte zu erbringen, die niveaumäßig mindestens mit guten handelsüblichen Futtermitteln vergleichbar sind.
- 3) Die Futtermischung sollte aus möglichst wenigen und reinen Einzelkomponenten bestehen, so daß eine Produktion jederzeit möglich ist.
- 4) Die Wirkung einer zu untersuchenden Futterkomponente muß eindeutig erfaßt werden können.

STRAUSS (1982) konnte allerdings zeigen, daß in einer Casein-Gelatine-Diät Sonnenblumenöl einem Fischöl als Fettquelle deutlich unterlegen ist.

PFEFFER et al. (1980) ersetzten bei Forellenversuchen Fischmehlprotein zu einem Drittel, zwei Drittel und ganz durch Casein. Die Mortalität blieb gering (2/525), wenn weniger als zwei Drittel des Proteins aus Casein stammte. Bei Casein als alleiniger Proteinquelle stieg die Mortalität auf ca. 10 % (18/175), während gleichzeitig das Wachstum der überlebenden Forellen stark reduziert war. Im Versuch über 86 Tage stieg die Lebendmasse bei Fütterung derjenigen Mischungen, deren Protein nicht vollständig aus Casein stammte, auf das 6-fache der Anfangsmasse, bei Casein als einziger Proteinquelle nur auf das 2-3 fache an. Die Futterverwertung verschlechterte sich ebenfalls. Weitere Arbeiten derselben Autoren und von STRAUSS (1982) zeigen, daß bei Caseinfütterung starke Leberverfettungen auftraten. Dabei war der Fettgehalt der Lebern bis zu 30 % erhöht, während der Gehalt an N-freien Extraktstoffen erniedrigt war.

Als Ursache für die negativen Befunde mit Casein wurden von PFEFFER und BARTE (1980) folgende 3 Hypothesen in Betracht gezogen:

- 1) In Casein ist eine für die Entwicklung der Forellen negative Substanz enthalten.
- 2) Mindestens eine für Forellen essentielle Aminosäure ist in Casein nicht in ausreichender Menge verfügbar.
- 3) Ein nicht fettlöslicher organischer Wirkstoff - in Fischmehl enthalten - ist für Forellen essentiell und war in den übrigen Bestandteilen der eingesetzten Futtermischungen nicht oder nicht in ausreichendem Maße enthalten.

Andererseits bestätigten COWEY et al. (1981) die gute Eignung einer Casein-Gelatine-Diät, da sie in einem Versuch zwischen Fischmehl und Casein als Proteinquellen keine Unterschiede im Wachstum feststellen konnten.

REITER (1984) konnte in seinen Versuchen zur Verbesserung der SRD mit Casein bzw. Casein-Gelatine Wachstumsraten, wie sie mit Fischproteinkonzentrat erzielt wurden, nicht erreichen. Labcasein war Säurecasein überlegen und deutlich besser als Eiklarpulver, Molkenprotein und isoliertes Sojaprotein. Die Ergänzung einer Casein-Gelatine-Mischung mit Schwefelamino-säuren erwies sich hier als günstig. Beste Ergebnisse wurden erzielt, wenn der Labcaseingehalt 50 % der Ration betrug.

2.3.2 Tierische Proteinfuttermittel

Protein aus Fischmehl oder Fischproteinkonzentrat ist als alleinige Proteinquelle zur Forellenfütterung hervorragend geeignet. Daneben haben andere tierische Proteinfuttermittel ein zunehmendes Interesse gefunden.

In verschiedenen Untersuchungen über den Einsatz von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der Forellenernährung konnten Futterrationen erstellt werden, mit denen weit bessere Verwertungskennziffern zu erzielen waren, als es mit praxisüblichen Mischungen normalerweise möglich ist (SCHULZ et al. 1981b). Aus dem Bericht von TIEWS et al. (1975) läßt sich ersehen, daß die Autoren schon frühzeitig 70 % Fischmehl als alleinige Proteinquelle ihrer Standardration auf 35 % reduziert haben. Daneben verwendeten sie 15 % Federmehl und 20 % Geflügelschlachtabfälle. Spätere Ergebnisse (GROPP et al. 1984) favorisieren ebenfalls die fischmehllärmere Futtermischung : 262 g LMZ in 120 Tagen bei einer Futterverwertung von 1.13 g Futter/g Zuwachs, 70 % Fischmehlgruppe 249 g LMZ, 1,19 g Futter/g Zuwachs.

In mehreren Experimenten wurde Fischmehl erfolgreich durch eine eiweißäquivalente Mischung von Geflügelschlachtabfällen und hydrolysiertem Federmehl ersetzt (GROPP et al. 1976).

In einem anderen Versuch derselben Autoren (GROPP et al. 1976) wurden Rationen mit höherem Federmehlgehalt gefüttert. Federmehl, damals wesentlich billiger als aufgeschlossene Stärke, wurde im Austausch mit Weizenstärke in die Futtermischung eingebracht. Es wurde kein Hinweis für einen Unterschied zwischen der Kontrollration und der Futtermischung gefunden, die im wesentlichen nur aus Geflügel- und Federmehl bestand.

Blutmehl ist ein hochprozentiger Eiweißträger. Walzengetrocknetes Blutmehl enthält 94.7 % Rohprotein, 0.1 % Rohfett, 0.5 % Rohfaser, 1.8 % Rohasche und 2.9 % NFE in der T (SCHULZ et al. 1982a).

Über einen Versuchszeitraum von 10 Wochen (SCHULZ et al. 1982 a) wurden Regenbogenforellen mit Futtermittelkombinationen gefüttert, in denen das Casein-Gelatine-Protein (75:25) einer Standarddiät stufenweise durch Blutmehl-Federmehl-Protein (50:50) ersetzt wurde (1/3, 2/3 und 3/3 Ersatz). Alle Forellengruppen konnten ihr Ausgangsgewicht von 23 g nahezu verdoppeln bis verdreifachen. Mit dem Standardfutter wurde eine Futterverwertung von durchschnittlich 0.86 (PER-Wert = 2.33) erreicht, die extreme Futtermischung mit 100 % Blutmehl- und Federmehl-Protein erbrachte eine mittlere Futterverwertung von 1.62 (PER-Wert = 1.24). Pathologisch-anatomische Veränderungen der inneren und äußeren Organe konnten nicht festgestellt werden. Die noch relativ guten Futterverwertungszahlen von 0.89 und 1.03 (PER-Werte von 2.25 und 1.94) bei Blut-Federmehlanteilen von 1/3 und 2/3 des Gesamtproteins lassen die Eignung dieser Nebenprodukte tierischer Herkunft als Bestandteile in Rationen für Regenbogenforellen hervortreten.

Die Autoren berichteten später über weitere Versuchsergebnisse mit denselben Proteinquellen (SCHULZ et al. 1982 b).

Das Kombinationsprodukt aus Blut-, Feder- und Geflügelschlachtabfällen (33.3 : 33.3 : 33.3) konnte kein gleichwertiges Ergebnis zum Standardprotein (Casein-Gelatine) erbringen.

GROPP gab 1985 für verschiedene Proteinfuttermittel tierischer Herkunft Höchstgehalte im Forellenfutter an, die in Tab. 12 zusammengefaßt sind.

Tab. 12: **HÖCHSTGEHALTE TIERISCHER PROTEINFUTTERMITTEL IM FORELLENFUTTER**
(GROPP 1985)

Futtermittel	RP %	Höchstgehalt %
Geflügelschlachtabfälle	55	40
Fleischknochenmehl	45	10
Tierkörpermehl	45	10
Blutmehl	85	5
Federmehl (hydroly.)	82	35
Borstenmehl	75	10
Molkenprotein	70	20

2.3.3

Pflanzliche Proteinfuttermittel

KOOPS et al. (1976) und GROPP et al. (1976) berichteten, daß die pflanzlichen Eiweißquellen Sojaextraktionsschrot und isoliertes Sojaprotein als Komponenten für ein Forellenfuttermittel nur begrenzt geeignet sind. Haypro, ein Sojaproteinkon-

zentrat und Maiskleber konnten dagegen 50 % des Rationsproteins ersetzen, selbst wenn der restliche Proteinanteil nicht durch Fischmehl, sondern eine Mischung von Federmehl und Geflügelschlachtabfällen in die Mischung eingebracht wurde.

GROPP bestätigte später (1982) noch einmal, daß Maiskleber (hohe Verdaulichkeit) sowie Danpro und Haypro (Sojaschrotkonzentrat) eingesetzt werden können. Abhängig von der Qualität (AS-Gehalt) der anderen verwendeten Proteinträger kann allerdings eine Aminosäureenergänzung notwendig werden.

Sojaextraktionsschrot muß dagegen in der Forellenfütterung deutlich schlechter bewertet werden als Sojaproteinkonzentrat. Dennoch lassen sich 10 bis 15 % Sojaextraktionsschrot im Forellenfutter preisgünstig unterbringen.

Auch Süßlupinen und Ackerbohnen stellen brauchbare Eiweißquellen für Forellen dar, Raps ist weniger gut geeignet (GROPP et al. 1982).

Über die Verwendbarkeit verschiedener Single Cell Proteine haben GROPP und KOCHLE (1983) eine Übersicht vorgelegt. Aus ihr geht hervor, daß Hefen (Alkanhefen) nach Methioninergänzung gute Proteinquellen für Forellen (bis 50 % des Rationsproteins) darstellen, während Bakterienproteine (auf Methanol gezüchtet) offensichtlich weniger breit eingesetzt werden können, zumal bei Verwendung dieser Proteinquellen als alleinige Eiweißquelle im Futter mit Nebenwirkungen zu rechnen ist.

Empfehlungen über den höchstmöglichen Einsatz pflanzlicher Proteine im Forellenalleinfutter (GROPP 1985) sind in Tabelle 13 wiedergegeben.

Tab. 13: **HÖCHSTGEHALTE PFLANZLICHER PROTEIN-
FUTTERMITTEL IM FORELLENFUTTER**
(GROPP 1985)

Futtermittel	% RP	Höchst- gehalt %
Sojafeinmehl	48	5 - 10
Sojakonzentrat	65	40
Maiskleber*	60	10
Weizenkleber	80	10
Süßlupinen	40	20
Ackerbohnen	25	20
Raps	20	5
Bakterienprotein	80	25

* allein durch Xantophyll-Gehalt limitiert

2.3.4 **Prüffuttermittel**

Als Prüffuttermittel werden mit Geflügelschlachtabfällen und Maschinenleimleder zwei Abprodukte aus der Verwertung tierischer Abfälle eingesetzt.

Abprodukte entstehen bei der Schlachtung und Be- und Verarbeitung von Nutztieren. In industriemäßigen Anlagen der Geflügelschlachtung fallen außer Federn noch Blut, Köpfe, Füße und die für menschliche Ernährung nicht verwertbaren Innereien als ein Sammelprodukt an.

Deshalb ist es aus hygienischen Gründen notwendig, dieses Ausgangsgemisch unter Druck und bei höherer Temperatur zu behandeln. Ähnliches gilt für den bei der Lederherstellung anfallenden Hautteil, die Unterhaut.

Diese Abfälle werden zu Futtermitteln verarbeitet und als Frisch- oder als Trockenprodukt abgegeben.

Ferner wurden noch Mikroalgen als Vertreter eines SCP ausgewählt, die sich unter geeigneten klimatischen Bedingungen relativ leicht kultivieren lassen.

Schließlich wurde auch Panseninhalt eingesetzt.

Die 3 erstgenannten Futtermittel werden im folgenden näher besprochen, wobei insbesondere auf bisherige Versuchsergebnisse in der Fischfütterung (soweit vorhanden) Bezug genommen wird.

Panseninhalt ist in seiner Zusammensetzung sehr variabel, ausführliche Untersuchungen in der Forellenernährung sind nicht bekannt.

2.3.4.1 Geflügelschlachtabfälle (Geflügelmehl)

HENNIG und POPPE (1976) geben eine Übersicht über die mittleren Rohnährstoffgehalte von Schlachtabfällen (Tab. 14).

Tab. 14: MITTLERER ROHNÄHRSTOFFGEHALT VON
SCHLACHTABFÄLLEN IN (%)
(HENNIG, POPPE 1976)

Bestandteil	Frish	Getrocknet
Trockensubstanz	30.30	90.32
Rohprotein	21.43	63.41
Rohfett	4.99	16.10
Rohfaser	0.40	2.42
Rohasche	2.28	8.36

Da sich die hydrolysierten Federn und die Schlachtabfälle des Geflügels gut eignen, übliche Eiweißfuttermittel zu ersetzen, prüften HARMS et al. (1957), den Einsatz von 5 % getrockneter Abprodukte in einer Mais-Sojaextraktionsschrot-Ration für Legehennen, in der 5 % Fleischmehl ersetzt wurden. Die Versuchsergebnisse erbrachten, daß die Eiproduktion signifikant erhöht werden konnte.

GROPP (1984) folgert aus verschiedenen Versuchen, daß Protein aus 70 % Fischmehl praktisch vollständig durch eine Mischung von Geflügelschlachtabfällen (frei von Federn) und Federmehl ersetzt werden kann (Tab. 15). Die Mischung war so eingestellt, daß sie etwa gleiche Eiweißanteile liefert wie Fischmehl.

TIEWS et al. (1976) fanden, daß Mischungen aus Geflügelschlachtabfällen und hydrolysiertem Federmehl bis zu 100 % Fischmehl ersetzen konnten, wenn die Aminosäurezusammensetzung durch Ergänzung mit Lysin, Methionin und Tryptophan aufgebessert wurde.

STEFFENS (1985) berichtete, daß Geflügelmehl in Mengen von 27 % und 54 % zum teilweisen oder vollständigen Ersatz von Fischmehl im Trockenfutter für Regenbogenforellen verwendet wurde. Bei anschließendem Einsatz von Geflügelabfallmehl als tierische Eiweißquelle erfolgte eine Ergänzung des Futters mit Mineralstoffen sowie Methionin und Lysin.

Ähnlich günstige Ergebnisse erbrachte der teilweise Ersatz von Fischmehl (hier 29 % Fischmehl) durch 27 % Geflügelmehl auf Zuwachs und Futteraufwand. Bei vollständigem Fischmehlersatz (54 % Geflügelabfallmehl) reichte die vorgenommene Aminosäuresupplementierung nicht aus, um ein dem Kontrollfutter entsprechendes Resultat zu erreichen. Über Zuwachs und Futteraufwand informiert Tabelle 16.

Tab. 15: ERSATZ VON FISCHMEHL DURCH GEFLOGEL-
SCHLACHTABFÄLLE (GEFLOGELMEHL UND FEDERMEHL
LEBENDMASSEZUNAHME UND FUTTERVERWERTUNG
(GROPP et al. 1976)

Experiment	70% Fischmehl	% Ersatz von Fischmehl				
		25	50	75	100	100+AS
Zunahme (g)						
D VII 1)	201	214	215	---	---	---
E IX 2)	133	142	127	124	117	126
D X 3)	172	---	---	189	---	---
Durchschnitt (relativ)	100	107	102	102	---	---
g Futter/g Zunahme						
D VII 1)	0.99	0.93	0.94	---	---	---
E IX 2)	1.33	1.24	1.41	1.40	1.52	1.37
D X 3)	1.40	---	---	1.36	---	---
Durchschnitt (relativ)	100	94	101	101	---	---

1) Experiment D VII/73 (125 Versuchstage, 96 Fütterungstage, 11.1°C

2) Experiment E IX/74 (88 Versuchstage, 68 Fütterungstage, 13.8°C

3) Experiment D X/74 (102 Versuchstage, 69 Fütterungstage, 11.5°C

AS = Aminosäuren

SCHULZ und Mitarbeiter (1982b) untersuchten ein Kombinations-
produkt aus Blut-Feder- und Geflügelmehl, welches als allei-
niger Proteinträger in Rationen für Regenbogenforellen zum
Einsatz kam. Gleichzeitig prüften die Autoren diese Mischung
zusammen mit Gelatine (85:15). In der Kontrollration diente
Casein-Gelatine-Mischung (75:25) als Standardprotein.

Tab. 16: **ZUWACHS UND FUTTERAUFWAND (72 FÜTTERUNGSTAGE)**
GEFLÜGELSCHLACHTABFÄLLE ALS EIWISSEQUELLE
FÜR REGENBOGENFORELLEN (SALMO GAIRDNERI)
(STEFFENS 1985)

	Kontroll- futter	Versuchs- futter I	Versuchs- futter II	Versuchs- futter III	Versuchs- futter IV
Fischmehl (g/kg)	---	290	---	---	---
Geflügelabfallmehl (g/kg)	---	270	540	540	540
Sojaextraktionsschrot (g/kg)	---	100	100	100	100
Futterhefe (g/kg)	---	160	130	130	130
Weizenmehl (g/kg)	---	180	169	174	174
Mineralstoffmischung (g/kg)	---	---	50	50	50
Methionin (g/kg)	---	---	5	---	---
Lysin (g/kg)	---	---	6	6	6
Lebertran (g/kg)	---	---	---	---	50
Anfangsmasse (g)	15.5	17.5	15.6	17.8	17.9
Endmasse (g)	55.1	58.5	41.9	36.2	44.6
Zuwachs (g)	39.6	41.0	26.3	18.4	26.7
Zuwachs (% d. Anfangsmasse)	255	234	168	103	149
Zuwachs/Fütterungstag (%)	1.76	1.68	1.37	0.99	1.27
Futtermenge/Fütterungstag (%)	1.97	1.93	2.07	2.18	2.12
Futteraufwand kg/kg Zuwachs	1.12	1.15	1.51	2.20	1.67

Der Einsatz von Gelatine-Protein erbrachte im Vergleich zur alleinigen Verabreichung des Kombinationsproduktes aus Blut-Feder- und Geflügelmehl eine geringfügige Verbesserung der Verwertungskennziffern. Die Autoren fanden aber auch, daß das Kombinationsprodukt allein und in Verbindung mit Gelatine keinen gleichwertigen Ersatz von Casein-Gelatine darstellt.

2.3.4.2 Maschinenleimleder

Die Haut besteht aus Oberhaut (Epidermis), der Lederhaut (Corium) und der Unterhaut (Subcutis). Aus der Unterhaut wird Maschinenleimleder hergestellt.

Die Subcutis besteht vorwiegend aus dem Skleroprotein Kollagen und Fettgewebe. Im lockeren Bindegewebe der Unterhaut befinden sich außerdem noch Muskelfasern, Blut- und Lymphgefäße sowie Schweiß- und Fettdrüsen.

Tabelle 17 informiert über den Rohnährstoffgehalt vom Maschinenleimleder (Ledermehl).

Tab. 17: **MITTLERER ROHNÄHRSTOFFGEHALT VON MASCHINENLEIMLEDER IN %**
(GRUHN 1966)

	Trocken- substanz	Rohpro- tein	Rohfett	N-freie Extraktst.	Rohasche
Mittelwerte	28.4	8.6	18.1	0.3	1.4
Standardabweichung	13.0	1.6	13.1	0.5	0.3
Minimale Werte	14.1	6.7	5.3	0.0	1.0
Maximale Werte	51.0	13.3	40.7	1.2	2.8

Die Aminosäurezusammensetzung von Maschinenleimleder findet sich in Tabelle 18.

Tab. 18: **MITTLERER GEHALT AN AMINOSÄUREN IM EIWISS VON MASCHINENLEIMLEDER (mg/100 mg PROTEIN)**
(GRUHN et al. 1964)

Lysin	4.1	Leucin	3.4	Glycin	21.5
Arginin	7.6	Isoleucin	1.7	Prolin	11.6
Histidin	1.2	Phenylalanin	2.3	Oxyprolin	9.8
Tryptophan	0.2	Tyrosin	1.0	Alanin	8.2
Threonin	2.0	Methionin	1.0	Serin	3.4
Valin	2.5	Lysin	0.0	Glutaminsäure	9.9
				Asparaginsäure	5.4

Der Gehalt von 4.1 % Lysin kennzeichnet eine mäßige Eiweißqualität. Der Gehalt an Methionin ist mit nur 1 % sichtlich unter dem Bedarfsniveau, das auch von 0.2 % Tryptophan deutlich unterschritten wird.

Angaben über die Verdaulichkeit der Nährstoffe von Maschinenleimleder liegen nur an Mastschweinen vor. Die Verdaulichkeit für die organische Substanz von Maschinenleimleder gleicht etwa der von Gerste. Das Rohprotein ist allerdings 30 % schlechter verdaulich als Gersteneiweiß. Der niedrige Verdauungsquotient des Proteins kann damit erklärt werden, daß ein geäschertes gekochtes Rohprodukt verwendet wurde. Nach WÖHLBIER und GIESSLER (1963) liegt der Verdauungsquotient des Rohproteins bei ungeäschertem gekochtem Leimleder bedeutend höher.

Zur Prüfung des Futterwertes von Maschinenleimleder wurde von GRUHN et al. (1964) ein Fütterungsversuch bei Schweinen durchgeführt. Die Versuchsergebnisse erbrachten, daß zwei Drittel wertvoller Eiweißstoffe durch das aufgeschlossene Kollagen ersetzt werden können. Außerdem kann durch den Fettanteil des Maschinenleimleders der Energiegehalt der Rationen für schnellwachsende Tiere verbessert werden.

Untersuchungen an Forellen liegen nicht vor.

2.3.4.3

Mikroalgen

Spirulina geitleri ist eine blaugrüne Alge, die in den alkalihaltigen Seen des mexikanischen Hochlands vorkommt und kultiviert wird. Sie besteht zu 60 bis 70 % aus Protein. Die verwandte Art *Spirulina Platensis* dienen als Nahrungsmittel für die menschliche Bevölkerung (CIFFERI 1983).

Die Protein Efficiency Ratio (PER) von Spirulina wird mit 2.2 bis 2.6 %, die Netprotein Utilization (NPU) mit 53 % - 61 % und die wahre Verdaulichkeit des Proteins mit 83 % bis 84 % angegeben (BUJARD et al. 1970, BURGESS et al. 1971).

MESKE (1973) hat festgestellt, daß sich ein Futterzusatz von Mikroalgen in Form von walzengetrocknetem Algenpulver bei Karpfen wachstumsfördernd auswirkt.

MESKE und PRUSS (1977) berichteten später, daß eine im wesentlichen aus Mikroalgen, Sauermolkenpulver, Sojaschrot und Fett bestehende Futtermischung bei Karpfen Gewichtszunahmen und Futterverwertungen erzielte, die den entsprechenden Größen bei der Verfütterung handelsüblicher Futtermischungen (mit Fischmehl) zumindest gleichwertig waren.

REIMERS et al. 1977 untersuchten Karpfen, die mit einem fischmehlfreien Futter, welches zu einem Drittel aus Mikroalgen bestand, gefüttert worden waren.

Es wird berichtet, daß die mit diesem Futter gefütterten Karpfen fettärmer waren als mit handelsüblichem Futter erzeugte Karpfen. Der Proteinaufwand zur Zuwachs-Erzeugung (PER) war bei den fischmehlfrei gefütterten Karpfen am effektivsten, ebenso lag der Anteil des verfütterten Proteins im Zuwachs (PPW) bei diesen Fischen am höchsten.

MESKE und PFEFFER (1977) verglichen an jungen Karpfen ein handelsübliches Forellenfutter mit einer Mischung (SM3) aus Sauermolkenpulver, Sojaschrot und Fett (5:4:1). Weitere drei Mischungen, die an Karpfen gefüttert wurden, bestanden zu 68 % aus SM 3 und zu 32 % aus Grünalgenpulver, Hefe oder Casein. Bei Versuchsende wiesen die mit Forellenfutter gefütterten Karpfen deutlich höhere Gehalte an Trockensubstanz, Energie und Fett auf als die Karpfen der anderen Gruppen. Für den Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie ergaben sich Größen

zwischen 6.1 (SM 3) und 16.7 % (Forellenfutter), während die Größen für PPW zwischen 15.2 (SM 3) und 23.2 % (SM3 + Algen) lagen (siehe Tabelle 19).

MESKE et al. (1977) hatten verschiedene Versuche durchgeführt. In einem ersten Versuch untersuchten sie eine Diät aus SM3 bzw. Mischungen aus SM3 mit Algenpulver. Als Ergebnis zeigte sich, daß der steigende Anteil von Algenpulver im Futter zu einer erheblichen Wachstumsbeschleunigung der "Grasfische" führte. Die Steigerung des Anteils der Algen im Futter bis zu 80 % ergab eine Wachstumsverbesserung, die erst bei 90 % Algenanteil wieder zurückging. In einem Versuch an Karpfen stellte sich ebenfalls heraus, daß mit steigendem Algengehalt des Futters ein schnelleres Fischwachstum erreicht wurde. Gleichzeitig führten aber hohe Gehalte an Algenpulver (über 50 % Futteranteil) zu Erkrankungen und Tod eines großen Teiles der Versuchstiere. Die Erkrankungen sollen auf Stoffwechselstörungen durch den hohen Nucleinsäureanteil in den Algen zurückzuführen sein.

Beim letzten Versuch an Karpfen wurden drei fischmehlhaltige handelsübliche Fischfuttermittel gegen eine Mischung von 68 % SM3 und 32 % walzengetrocknetem Algenpulver verglichen. Hier traten die Verluste und Wachstumsdepressionen in der Algengruppe auf.

Tab. 19:

ZUWACHS UND FUTTERVERBRAUCH DER KARPEN
(MESKE UND PFEFFER 1977)

	Forellen- futter		SM 3 ¹⁾		68 % SM3 ²⁾ +32% Algen		68 % SM3 ³⁾ +32% Hefe		68 % SM3 ⁴⁾ +32% Casein	
Becken	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durchschn. Lebendmasse (g)										
Fisch - Beginn Vorperiode	8.8	8.8	8.9	9.1	9.4	9.0	9.1	9.4	9.3	9.4
Fisch - Beginn Hauptperiode	16.2	17.1	17.6	16.5	17.7	17.2	17.5	17.5	18.6	18.7
Versuchsende	171.0	186.6	78.6	67.6	170.5	185.7	125.2	118.0	201.2	176.4
Spezifische Wachstumsrate										
% Tag - Vorperiode	4.36	4.77	4.87	4.22	4.57	4.60	4.70	4.44	4.91	4.94
Hauptperiode	2.24	2.28	1.42	1.34	2.16	2.27	1.87	1.82	2.27	2.14
Gesamte Futtermenge (g)	2826	3136	2042	1889	2772	2850	2614	2405	2908	3290
Gesamter Zuwachs (g/LM)	1547	1695	610	511	1348	1469	1077	1006	1532	1574
Futter: Zuwachs	1.86	1.85	3.35	3.70	2.06	1.94	2.43	2.39	1.90	2.09

1) Mischung aus Sauermolkenpulver, Sojaschrot und Fett (5:4:1)

2) *Scenedemus obliquus*

3) Molkenhefe aus Mischkulturen von *Candida krusei* und *Lactobacillus bulgaris*

4) Säuregefälltes Casein

3

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

GLIEDERUNG

- 3.1 **Prüffuttermittel**
 - 3.1.1 Geflügelschlachtabfall
 - 3.1.2 Ledermehl
 - 3.1.3 Panseninhalt
 - 3.1.4 Mikroalgenpulver
- 3.2 **Versuchsplanung**
 - 3.2.1 Zusatzversuch
 - 3.2.2 Ersatzversuch
 - 3.2.3 Verdauungsversuch
 - 3.2.4 Versuchskriterien
- 3.3 **Material und Methodik**
 - 3.3.1 Fischhaltungsanlagen
 - 3.3.1.1 Kreislaufanlage
 - 3.3.1.2 Rundbeckenanlage
 - 3.3.1.3 Wasserqualität
 - 3.3.2 Tiermaterial
 - 3.3.3 Futterzusammensetzung und -herstellung
 - 3.3.3.1 Zusatzversuch
 - 3.3.3.2 Ergänzungsfutter
 - 3.3.3.3 Futterherstellung
 - 3.3.4 Fütterungsregime
 - 3.3.5 Analytische Methoden
 - 3.3.5.1 Probenaufbereitung
 - 3.3.5.2 Rohnährstoffanalysen
 - 3.3.5.3 Energiegehalt
 - 3.3.5.4 Verdaulichkeit nach dem Indikatorverfahren
 - 3.3.5.5 Siebanalyse
 - 3.3.6 Versuchsauswertung
 - 3.3.6.1 Wachstum
 - 3.3.6.2 Futterverzehr (FVZ)
 - 3.3.6.3 Parameter der Futterverwertung
 - 3.3.6.4 Verdaubarkeit
 - 3.3.6.5 Trockensubstanz-, Protein- und Energieansatz
 - 3.3.7 Versuchsdurchführung und -verlauf
 - 3.3.7.1 Zusatzversuch
 - 3.3.7.2 Ergänzungsversuch
 - 3.3.7.3 Verdauungsversuch

Die vorliegenden Untersuchungen befassen sich mit der Prüfung verschiedener proteinhaltiger Produkte tierischer und pflanzlicher Herkunft auf ihre Eignung als Proteinquellen in der Forellenernährung. Verwendet wurden die tierischen Abfallprodukte Ledermehl, Geflügelschlachtabfall und Panseninhalt sowie als pflanzliches Produkt ein Mikroalgenpulver, hergestellt aus der Blaualge *Spirulina geitleri*.

Dazu wurden zwei vom Prinzip her verschiedene Methoden erprobt, und zwar die Zusatz- und die Ergänzungsmethode. Bei der **Zusatzmethode** geht man von einer proteindefizitären Basalration aus, welcher die Abfallprodukte gestaffelt zugesetzt werden, während bei der **Ergänzungsmethode** die Abfallprodukte proteinäquivalent zu Lasten des Proteins einer Kontrollration üblichen Proteingehalts eingesetzt werden.

Dem **Zusatzversuch** liegen zwei auf ca. 25 g RP/90 g Futter reduzierte Basalrationen mit einerseits einer Mischung aus Labcasein und Gelatine (3:1) und andererseits FPC als Proteinquelle zugrunde. Dieser Ration, welche gleichfalls als Kontrollration diene, wurden die oben genannten Produkte gestaffelt mit 5 g und 10 g zugesetzt.

Im **Ergänzungsversuch** wurde dagegen von einer ca. 40 % RP-haltigen Basal- und Vergleichsration, welche FPC und Sojaproteinkonzentrat (Danpro) mit DL-Methioninergänzung als Proteinquellen enthielt, ausgegangen. Diese Hauptproteinträger wurden gegen die zu untersuchenden Produkte gestaffelt und proteinäquivalent ausgetauscht, welches gleichzeitig eine konstante RP-Konzentration aller Rationen impliziert.

Parallel zum Ergänzungsversuch fanden auch Untersuchungen über die Verdaulichkeiten der eingesetzten Produkte (Verdaulichkeitsversuch) statt.

Als Hauptkriterien beider Versuchstypen dienten Wachstum, Zunahme und Futtermittelverwertung, die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz und des Rohproteins, der Produktive Proteinwert (PPW) sowie der Rohprotein- und Energieansatz.

3.1 Prüffuttermittel

Die folgenden Abschnitte informieren entsprechend den Herstellerangaben bzw. einer LUFA-Analyse über die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Abfallprodukte Geflügelschlachtabfälle, Ledermehl, Panseninhalt sowie von Mikroalgenpulver.

3.1.1 Geflügelschlachtabfälle (Geflügelmehl)

Der Geflügelschlachtabfall wird von der Firma Südoldenburger Tierfrischmehl-Anlagengesellschaft (in Moore-Diepholz) zu Mehl verarbeitet und vertrieben. Über den Inhalt an Rohnähr- und Mineralstoffen, Spurenelementen und über die AS-Zusammensetzung gibt Tabelle 20 Auskunft. Weitere biologische bzw. physiologische Eigenschaftsangaben liegen nicht vor.

Tab. 20: **PRODUKTSPEZIFIKATION: GEFLOGELSCHLACHTABFALLMEHL**
(Lieferantenangaben)

Nährstoffe, Mineralien und Spurenelemente					
Trockensubstanz	%	94.2	Rohasche %	11.4	
Rohprotein	%	61.9	Rohfett %	14.9	
Ca	g/kg	24.8	Mg	g/kg	0.89
P	g/kg	16.8	Na	g/kg	1.73
K	g/kg	2.53	Cu	mg/kg	26.7
Zn	mg/kg	119.8	Fe	mg/kg	705.0
Mn	mg/kg	17.7			
Aminosäure-Muster (g AS/kg)					
Asparaginsäure	57,6	Methionin	15,1		
Threonin	26,7	Isoleucin	23,3		
Serin	32,2	Leucin	45,3		
Glutaminsäure	81,2	Tyrosin	22,3		
Prolin	44,6	Phenylalanin	26,8		
Glycin	60,4	Histidin	10,5		
Alanin	39,4	Lysin	32,8		
Cystin	12,1	Arginin	48,3		
Valin	31,1				

3.1.2.

Ledermehl

Unter der hier verwendeten Bezeichnung Ledermehl ist das Produkt zu verstehen, welches vor der Gerbung als sog. "Maschinenleimleder" anfällt und aus Unterhautbindegewebe besteht. Das hier verwendete Produkt (im weiteren Ledermehl genannt) wurde unter Vermittlung der Westdeutschen Gerberschule, Reutlingen, dem Institut zur Verfügung gestellt.

Aus den Herstellerangaben (Tab. 21) lassen sich ein relativ guter Proteingehalt ersehen und zudem eine RP-Verdaulichkeit von ca. 95 % ableiten. Der verhältnismäßig hohe Aschegehalt rührt von den Kalksalzen her, die bei der Lederherstellung zum Hautaufschluß benötigt werden. Dieser Kalkgehalt ist auch für den hohen pH-Wert verantwortlich.

Ober das Aminosäuremuster informiert die vom Hersteller mitgesandte Analyse des Max-Planck-Instituts für Biochemie (Planegg-Martinsried bei München) in Tabelle 21, wobei zu bemerken ist, daß sie keine Angaben über die essentiellen Aminosäuren Tryptophan, Cystein und Cystin enthält.

Tab. 21: **PRODUKTSPEZIFIKATION: LEDERMEHL**
Nährstoffe*

	Produkt	T
Wassergehalt %	5.4	
Asche %	18.5	19.6
Fett %	14.6	15.4
Sulfid %	0.017	0.018
Rohprotein %	52.1	55.1
Verdauliches Protein %	49.3	52.1
pH-Wert	12.8	

Tab. 21 Forstetzung: **LEDERMEHL**

Aminosäuren-Muster (g AS/100 g)**			
Asparaginsäure	3,40	Isoleucin	1,59
Glutaminsäure	6,68	Leucin	2,43
Glycin	15,22	Phenylalanin	1,52
Alanin	6,13	Prolin	9,20
Serin	2,23	Oxyprolin	7,20
Threonin	1,46	Histidin	0,48
Tyrosin	0,43	Lysin	1,91
Valin	2,08	Oxylisin	1,00
Methionin	0,11	Arginin	6,37

*) Herstellerangaben

**) Analyse des Max-Planck-Instituts für Biochemie
in Planegg-Martinsried bei München

3.1.3. Panseninhalt

Der frische Panseninhalt zweier Rinder stammte aus dem Münchner Schlachthof. Er wurde im Institut zu Panseninhalt-Mehl einer Partikelgröße von max. 1000 μ verarbeitet (s. SALEH 1985). Die Ergebnisse einer Analyse sind in der Tabelle 22 zusammengestellt.

Tab. 22: **ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DES PANSENINHALTS**
(LUFA-Kiel)

Wasser	2,8
Rohasche (Mineralstoffe)	11,7
Roheiweiß (N x 6,25)	12,9
Rohfett (Ätherextrakt)	3,9
Rohfaser	35,3
Stickstofffreie Extraktstoffe	33,4

3.1.4

Mikroalgenpulver

Das hier eingestzte Mikroalgenpulver wurde aus der mehrzelligen blaugrünen Blaualge (Cyanophyceae) *Spirulina* *geitleri* gewonnen. *Spirula* g. kommt in den alkalihaltigen Seen des mexikanischen Hochlandes vor, wo sie auch kultiviert wird. Sie wird ca. 200 μ lang und besteht zu 60 bis 70 % aus Protein. Ihr Nukleinsäuregehalt liegt zwischen 2,8 und 4,5 %. Ferner enthält sie die meisten Vitamine, insbesondere Vitamin B₁₂, sowie β -Carotin.

Hinsichtlich physiologischer Parameter gibt der Hersteller eine Protein Efficiency Ratio von 2,2 bis 2,6, einen produktiven Proteinwert von 53 bis 61 % und die wahre Verdaulichkeit mit 83 bis 84 % an.

Eine Zusammenfassung detaillierter Angaben über die physikalischen Eigenschaften sind der Tabelle 23, über Rohnährstoffe gemäß Weender-Analyse und über den Gehalt verschiedener Aminosäuren aus Tabelle 24 zu entnehmen.

Tab. 23: **PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN**

Aussehen:	Feines Pulver
Farbe:	dunkelgrün
Geschmack:	mild, ähnlich Steinpilz
Schüttdichte:	0,5 kg/dm ³
Teilchengröße:	9 - 25 Mikron

Tab. 24: ROHNÄHRSTOFFE (%)

	Min.	Max.
Feuchtigkeit	4,0	7,0
Asche	6,4	9,0
Protein	60,0	71,0
Rohfaser	0,1	0,9
Kohlenhydrate	13,0	16,5
Lipide	6,0	7,0

AMINOSÄUREGEHALT SPIRULINA GEITLERI (%)

Aminosäuren, essentiell	Min.	Max.
Isoleucin	3,69	4,13
Leucin	5,56	5,80
Lysin	2,96	4,00
Methionin	1,59	2,17
Phenylalanin	2,77	3,95
Threonin	3,18	4,17
Histidin	0,89	1,08
Tryptophan	0,82	1,13
Valin	4,20	6,00
Arginin	4,46	5,98

Aminosäuren, nicht essentiell

Alanin	4,97	5,82
Asparaginsäure	5,97	6,43
Cystin	0,56	0,67
Glutaminsäure	8,29	8,94
Glycin	3,17	3,46
Prolin	2,68	2,97
Serin	3,18	4,00
Tyrosin	1,98	2,99

3.2 Versuchsplanung

3.2.1 Zusatzversuch

Als Proteinträger der Basisrationen sollten in einer Versuchsreihe Labcasein und Gelatine im Verhältnis 75 : 25 % und in einer zweiten zeitgleichen Reihe FPC (Fischproteinkonzentrat) eingesetzt werden. Insgesamt war eine RP-Konzentration von 25 g/90 g Futter vorgesehen. Wie in den Tabellen 25 und 26 dargestellt, sollten diesen Mangelrationen 5 bzw. 10 g Abfallprodukte (Geflügelschlachtabfall bzw. Ledermehl) pro 90 g Basalration zugesetzt werden.

Die Durchführung dieses Versuches war bei 4 Wiederholungen zu je 5 Fischen/Becken angelegt.

Tab. 25: **VERSUCHSANLAGE VERSUCH I A**

Versuchsdauer: 10 Wochen
(2 Wochen Vorperiode + 8 Wochen Hauptperiode)
Wasserversorgung über Kreislaufanlage

Code-Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	g	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
Gelatine	g	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Ledermehl	g	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl	g	---	---	---	5.0	10.0
g RP (gesamt)		25.0	27.6	30.2	27.8	30.4
pro		90g	95g	100g	95g	100g
Wiederholungen		4	4	4	4	4
Fische/Becken		5	5	5	5	5
Futtermenge % *)		1.8	1.9	2.0	1.9	2.0

*) Tagesfuttermenge in % der Lebendmasse bezogen auf luft-trockenes Futter

Tab. 26: **VERSUCHSANLAGE VERSUCH I B**

Versuchsdauer: 10 Wochen
(2 Wochen Vorperiode + 8 Wochen Hauptperiode)
Wasserversorgung über Kreislaufanlage

Code-Nr.		(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	g	31.37	31.37	31.37	31.37	31.37
Ledermehl	g	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl	g	---	---	---	5.0	10.0
g RP (gesamt)		25.0	27.6	30.2	27.8	30.4
pro		90g	95g	100g	95g	100g
Wiederholungen		4	4	4	4	4
Fische/Becken		5	5	5	5	5
Futtermenge % *)		1.8	1.9	2.0	1.9	2.0

*) Tagesfuttermenge in % der Lebendmasse bezogen auf luft-trockenes Futter

3.2.2

Ergänzungsversuch

Die RP-Konzentration in diesem Versuch war für alle Rationen auf 40 % festgelegt worden. Bei der Kontroll- oder Vergleichsration stammten dabei 32 % Rohprotein aus FPC und 8 % aus Danpro (Sojaproteinkonzentrat). Da Danpro als methionindefizitär gilt, erfolgte eine zusätzliche Ergänzung mit DL-Methionin in der Höhe von 1 % des Danproproteins.

In den Rationen (2) bis (8) sollte ein Austausch von FPC und in den Rationen (9) bis (15) einer von Danpro incl. Methionin gegen die Abfallprodukte und das Algenpulver stattfinden. Die in Tabelle 27 angegebenen Rohprotein-Austauschdaten entsprechen bei Geflügelschlachtabfall und beim Ledermehl 10 bzw. 20 % und bei Algen 10 bzw. 15 % des Rationsproteins. Der Proteinaustausch durch Panseninhalt war nur mit 10 % des Produktes geplant.

Da für die Durchführung dieses Versuchs eine größere Anzahl von Fischen zur Verfügung stand und diese zwischen 20 und 25 g wogen, konnte der Versuch mit einem Fischbesatz von 10 Fischen pro Becken sowie ebenfalls einer 10-wöchigen Versuchsdauer bei 4 Wiederholungen durchgeführt werden.

3.3.3 **Verdauungsversuch**

Aus Gründen der Hälterungskapazität mußte dieser Versuch in 2 Durchgängen erfolgen.

Als Versuchsrationen dienten nur diejenigen des Ergänzungsversuches, welche die jeweils höchsten Konzentrationen an Geflügelschlachtabfall und Ledermehl sowie Algenpulver jeweils im Austausch gegen FPC oder gegen Danpro enthielten (Tabelle 28 a und 28 b), wobei in beiden Durchgängen je eine Kontroll- bzw. Vergleichsration mitgeführt werden sollte.

Da für diesen Versuch die herangewachsenen Fische aus dem Zusatzversuch Verwendung finden sollten, war ein Beckenbesatz von 6 Fischen geplant.

Die Durchführung war auf 2 Wochen Vor- und 2 Wochen Hauptperiode bei 2 Wiederholung angelegt.

3.2.4. **Versuchskriterien**

Für den Zusatzversuch und den Ergänzungsversuch galten als Versuchsparameter die erreichte Lebendmasse, der Futterverzehr, die Lebendmassezunahme, die Futterverwertung sowie der Rohprotein- und Energieansatz.

Tab. 27a: **VERSUCHSANLAGE VERSUCH II**

Versuchsdauer: 10 Wochen
(2 Wochen Vorperiode + 8 Wochen Hauptperiode)

Wasserversorgung über Kreislaufanlage

4 Wiederholungen/Gruppe, 10 Fische/Wiederholung (Becken)

Ersatz durch % Rationsprotein	-	Geflügelmehl		Ledermehl		Algenmehl		PI
		10	20	10	20	10	15	3.3
Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Geflügelmehl (%)	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	---	6.38	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40	40

Tab. 27b: **VERSUCHSANLAGE VERSUCH II**

Ersatz durch % Rationsprotein	Geflügelmehl		Ledermehl		Algenmehl		PI
	10	20	10	20	10	15	3.3
Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.98
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0.07
Geflügelmehl (%)	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40

PI: Panseninhalt, Gesamt tierzahl: 15 x 4 x 10 = 600 Fische

Tab. 28a: **VERSUCHSANLAGE - VERDAUUNGSVERSUCH**
DURCHGANG I

Versuchsdauer: 4 Wochen
(2 Wochen Vorperiode + 2 Wochen Sammelperiode)
Wasserversorgung über Durchflußanlage
2 Wiederholungen/Gruppe, 6 Fische/Becken
Tagesfuttermenge: 1.5 % der LM/Tag

Code-Nr.	(1)	(3)	(10)
FPC %	39.85	29.89	39.85
Danpro %	13.19	13.19	---
Methionin %	0.08	0.08	---
Geflügelmehl %	---	12.52	12.52
RP gesamt %	40	40	40

Tab. 28b: **VERSUCHSANLAGE - VERDAUUNGSVERSUCH**
DURCHGANG II

Versuchsdauer: 4 Wochen
(2 Wochen Vorperiode + 2 Wochen Sammelperiode)
Wasserversorgung über Kreislaufanlage
2 Wiederholungen/Gruppe, 6 Fische /Wiederholung (Becken)
Tagesfuttermenge: 1.5 % der LM/Tag

Code-Nr.	(1)	(5)	(7)	(12)	(14)
FPC %	39.85	29.89	32.38	39.85	39.85
Danpro %	13.19	13.19	13.19	---	3.29
Methionin %	0.08	0.08	0.08	---	0.08
Ledermehl %	---	15.24	---	15.24	---
Mikroalgen %	---	---	10.24	---	10.24
RP gesamt %	40	40	40	40	40

Während beim Zusatzversuch auch die Trockensubstanz- und Rohproteinverdaulichkeit mit bestimmt werden sollte, war diese Bestimmung für die Rationen des Ergänzungsversuches zusätzlich Energieverdaulichkeit im gesondert vorgesehen Verdauungsversuch das Hauptkriterium. Zusätzlich war die Energieverdaulichkeit im Verdauungsversuch zu ermitteln.

3.3 Material und Methodik

3.3.1 Tierhaltungsanlagen

Zur Durchführung der Versuche standen im Institut 2 verschiedene Tierhaltungssysteme zur Verfügung und zwar eine "offene" Kreislaufanlage, in welcher Zusatz- und Ergänzungsversuch stattfanden, und die sog. "Rundbeckenanlage", eine Durchflußanlage, welche sich wegen ihrer Anordnung gut für den Verdauungsversuch eignete.

3.3.1.1 Kreislaufanlage

Für Untersuchungen, die eine größere Anzahl von Versuchsbecken erfordern, hatte die offene Kreislaufanlage den Vorteil, mit einem reduzierten Frischwasserverbrauch auszukommen und somit sparsamer bzw. kostengünstiger zu sein. Ihr Aufbau gliedert sich in einen Produktionsteil (Aquarien bzw. Fischbehälter) und in einen Funktionsteil, bestehend aus Wasserverteiler- und Wassersammelsystem sowie einem unterteilten Becken zur mechanischen Reinigung des Wassers mit der Möglichkeit einer mengenmäßig regulierbaren Frischwasserzufuhr.

Der Produktionsteil besteht aus 60 PVC-Behältern (Länge 44 cm, Breite 34 cm, Höhe 42 cm) mit einem Volumen, das sich durch Verstellen der Abflughöhe von ca. 30 auf 60 Liter stufenlos variieren läßt. Da Zufluß und Abfluß in den diagonal gegenüberliegenden Ecken angelegt sind, wird eine längere

Verweildauer des mit O_2 höher gesättigten Zuflußwassers erreicht, andererseits durch die Strömungsverhältnisse ein besserer Abtransport der Fäkalien erzielt, was letztlich auch dadurch gefördert wird, daß der Abfluß knapp über dem Boden des Beckens angelegt ist. Zusätzlich sind die Becken durch Gitter abgedeckt, um ein Herausspringen der Fische zu verhindern (Abb. 10).

Im Funktionsteil wird das abfließende Wasser in PVC-Rinnen gesammelt und dem Sammelbecken über eine Filtermatte zugeführt. Vom Sammelbecken (ca. 5 m^3) aus besteht am tiefsten Punkt eine Verbindung zur Kanalisation, um die relativ schweren Schmutzpartikel auszuschcheiden (Abb. 10, Schnitt B - C). In einer dritten Kammer, dem Mischbecken (ca. 1 m^3 , nicht abgebildet), wird das sich im Kreislauf befindliche Wasser durch einen Zufluß von Frischwasser, welches ggf. durch ein Aktivkohlefilter entchlort werden kann, angereichert und über Pumpen wieder den Fischbehältern zugeführt.

Bei Ausfall der Pumpen wird die Anlage über ein mechanisches Druckventil ersatzweise automatisch mit Frischwasser versorgt.

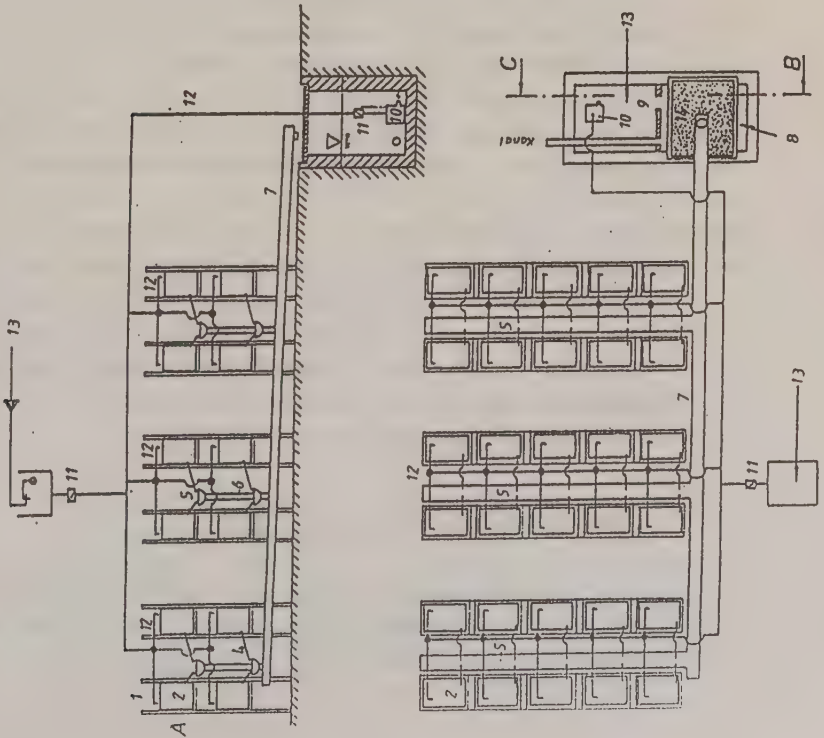
Zusätzlich zur Frischwassereinleitung und der damit verbundenen Oberflächenturbulenz im Mischbecken wird eine Anreicherung des Gebrauchtwassers mit Sauerstoff weiterhin dadurch gefördert, daß das Abflußwasser in einem Gefälle von bis zu einem Meter dem Sammelbecken zugeführt und durch das Passieren des Filters nochmals eine größere Gasaustauschoberfläche erreicht wird.

Die Reinigung des Wassers von Schmutzpartikeln erfolgt durch ein Filter (ca. 1 qm) sowie durch Absetzen der Schmutzpartikel im Sammelbecken und damit Überführung in die Kanalisation, als auch durch den Verdünnungseffekt mit Frischwasser.

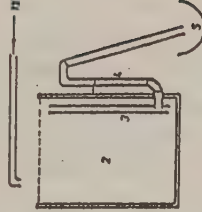
Versuchsanlage

Abb: 10

- 1: Gestell
- 2: Aquarien
- 3: Standrohr
- 4: Ablaufrohr
- 5: Abflußrinne
- 6: Fallrohr
- 7: Sammelrinne
- 8: Sammelbecken
- 9: Mischbecken
- 10: Pumpe
- 11: Rückschlagklappe
- 12: Aquarienzuleitung
- 13: Frischwasser
- 14: Filter



Einzelaquarium A



Schnitt: B-C



Zur Austreibung der nicht grob mechanisch filtrierbaren Schadstoffe, insbesondere des Ammoniaks, ist der Quotient aus Frischwasserzufuhr und Volumen der Anlage ($M : J$) als Regulator anzusehen. Dabei liegt das optimale $M : J$ -Verhältnis zwischen 0,35 und 1,5 (LIEDER 1979), das jedoch speziell bei der zur Verfügung stehenden Anlage wegen der Gefahr einer N_2 -Übersättigung in Bezug auf den oberen Grenzwert nach unten eingeschränkt werden mußte. Da es in den Sommermonaten zu höheren Temperaturen des Kreislaufwassers kommen kann (STRAUSS 1982), führt dies durch zuviel eingeführtes kaltes Frischwasser zu einer Gasübersättigung des Wassers, wobei vor allem der Stickstoff für die Fische gefährlich ist. Bei Sättigungswerten von über 118 % tritt die sog. Gasblasenkrankheit (gas-bubble-disease) akut (RUCKER 1972, DEUFEL 1976) und mit tödlicher Folge auf.

Neuere Untersuchungen und Beobachtungen geben auch niedrigere Werte als kritische Sättigungsgrenze an (WEITKAMP und KATZ 1980, MOHR 1984). Über subletale Folgen bei nur geringen Gasübersättigungen ist bisher nur wenig bekannt. Langfristige Schädigungen der Fische sind dadurch nicht auszuschließen; sie werden eher für wahrscheinlich gehalten (BAATH 1984).

Während der Zusatzversuch in der so beschriebenen Anlage durchgeführt wurde, ergab sich für den Ergänzungsversuch eine Änderung derart, daß die Becken der Kreislaufanlage durch eine inzwischen installierte Belüftungsanlage über Aquarien-ausströmer direkt belüftet werden konnten. Dies hatte den Zweck, die Sauerstoffversorgung auch bei eventuellen Unterbrechungen der Wasserversorgung zu sichern.

3.3.1.2 Rundbeckenanlage

Der Verdauungsversuch erfolgte in einer Stoffwechselanlage mit 12 Durchlaufaquarien, welche speziell für Kotsammlungen eingerichtet war (SCHWALB, GROPP 1979).

Wie aus der Anordnung in Abb. 11 zu ersehen ist, setzt sich die Anlage aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- einem Vorratsbecken (Rundbecken aus Polyäthylen) mit einem Fassungsvermögen von ca. 1000 l
- einem zentralen Niveaugefäß,
- 12 Rundbecken, die radial um das zentrale Niveaugefäß angeordnet sind.

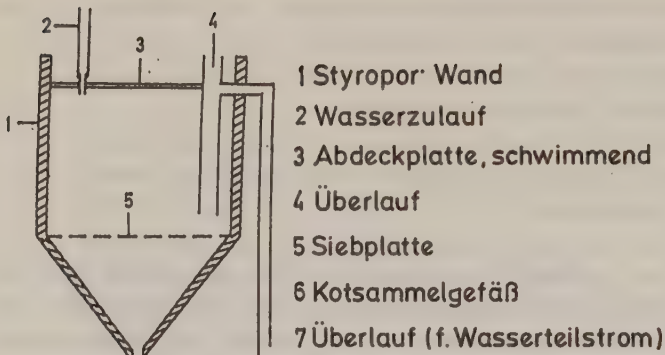
Jedes einzelne Versuchsbecken (Abb. 11) besteht aus einem oberen zylindrischen und einem unteren trichterförmigen Teil (Gesamtfassungsvermögen: 50 l). Der obere ist von dem unteren Teil durch einen Siebboden getrennt, so daß die Fische nicht in den trichterförmigen Teil gelangen können. Durch den Siebboden können Kot und eventuelle Futterreste passieren und über eine Schlauchverbindung in Kotsammelgefäße gelangen. Die Kotsammelgefäße sind mit je einem Überlauf versehen, so daß stets ein geringer Sog zum Sammelgefäß besteht, der auch schwebende Teilchen nach unten zieht. Das Becken ist bis auf eine schmale Sichtblende mit einer 1 cm dicken Styroporschicht isoliert, um Einflüsse durch die Raumtemperatur bzw. deren Schwankungen auf die Wassertemperatur in den Versuchsbecken gering zu halten. Die Wasseroberfläche ist mit einem schwimmenden Deckel abgedeckt.

In dem Deckel befinden sich Bohrungen für den Wasserzulauf, die Futterzufuhr und eine zur Versorgung mit Luft. Der Ablauf ist über einen Aquarienausströmer als Überlauf konstruiert.

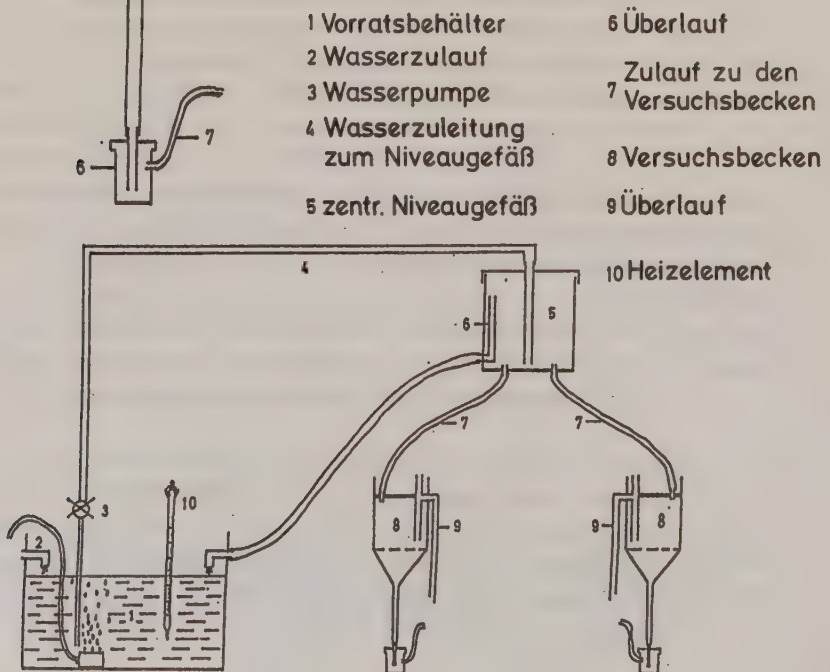
Das Wasser für die Anlage entstammt dem städtischen Leitungsnetz und fließt aus der Leitung in scharfem Strahl in das Vorratsbecken (Abb. 11). Von dort aus wird es über eine Steigleitung in das zentrale Niveaugefäß gepumpt. Überschüssiges Wasser kann über ein Steigrohr in das Vorratsbecken zurückfließen.

Abb.: 11 SCHEMA DER RUNDBECKENANLAGE

(SCHWALB, GROPP, 1979)



QUERSCHNITT GESAMTANLAGE



Der Wasserstand im Niveaugefäß bleibt damit konstant. Im Boden des Niveaugefäßes befinden sich 12 Düsen, aus denen das Wasser zu den Becken geführt wird.

Im Becken strömt das Wasser durch eine Düse in der Abdeckplatte unterhalb des Wasserspiegels schräg ein. Der größte Teil des Wassers fließt über ein Steigrohr seitlich am Becken in eine Sammelrinne ab, ein geringerer Teil durchströmt das Kotsammelgefäß und steigt von dort über einen PVC-Schlauch in die Sammelrinne.

3.3.1.3 Wasserqualität

Über einige analytische Werte des Münchner Leitungswasser, welches den Versuchsanlagen als Frischwasser zugeführt wurde, gibt die Tabelle 29 mit Angaben des Wasserwerks München Auskunft.

Tabelle 29: DURCHSCHNITTliche ANALYSENDATEN
DES MÜNCHENER LEITUNGSWASSERS
(Angaben Wasserwerke München)

	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$
pH	7.44	7.25	7.60
Ca (mg/l)	79.4		
Mg (mg/l)	22.2		
Gesamthärte	16.2 °d		20.0 °d
Karbonathärte	15.0 °d	14.1 °d	15.8 °d

1° d = 10 mg CaO/l (zitiert nach KÖCHLE 1983)

In den Versuchsanlagen betrug die Temperatur beim Zulageversuch ca. $9,6^{\circ}\text{C}$; beim Ergänzungsversuch ca. $8,9^{\circ}\text{C}$, bei Durchgang I des Verdauungsversuches ca. $10,2^{\circ}\text{C}$, bei Durchgang II schwankte sie zwischen $8,7$ und $9,3^{\circ}\text{C}$. Letztere Schwankungen waren raum- und durchflußbedingt, während die Unterschiede insgesamt durch die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede beeinflusst sind.

Der pH-Wert war indessen annähernd konstant und lag bei Kontrollmessungen zwischen 7.5 und 7.6 . Der Sauerstoffgehalt wurde nach der Winkler-Methode (WINKLER mod. n. OHLE) bestimmt. In Abhängigkeit von der Belastung der Kreislaufanlage sowie von der Frischwasserzufuhr konnten Werte zwischen $8,5$ und $10,2 \text{ mg O}_2/\text{l}$ im Zulauf der Becken ermittelt werden.

Da beim Verdauungsversuch nur mit Frischwasser und zudem mit der Beckenbelüftung gearbeitet wurde, konnte hier auf O_2 -Messungen verzichtet werden.

3.3.2

Tiermaterial

Für den Zusatzversuch wurden ca. 1700 Regenbogenforellensetzlinge von der Teichwirtschaft Hartl (Am Weidenbach bei Weilheim) bezogen und in Fischbecken des Instituts gehältert. Bis zu Versuchsbeginn erhielten sie ein Forellenbrutfutter "Forelli 42" aus dem Handel in 2 mm Pelletgröße. Sie wuchsen während dieser Hälterungszeit von ca. $4,2 \text{ g}$ auf ca. $16,5 \text{ g}$ Lebendmasse ab. Von diesen Fischen wurden für den Zusatzversuch 240 Tiere verwendet.

Erfahrungsgemäß kommt es bei Fischmaterial aus Teichwirtschaften als "Quasi-Freiland" häufig zu Anpassungsschwierigkeiten bei anschließender Hälterung in Becken bzw. Aquarien. Der Transport- und Umstellungsstreß führt leicht zu Erkrankungen infolge massenhafter Vermehrung von Ekto- und Endoparasiten, was den Versuchsablauf insgesamt gefährdet und die Vergleichbarkeit von Versuchen untereinander erschwert.

Daher wurden für den Ergänzungsversuch Regenbogenforellensetzlinge des Fischgesundheitsdienstes, einer Fachabteilung des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V., in Grub bei München verwendet, zumal diese auch in Aquarien gezüchtet wurden und weitgehend frei von pathogenen Keimen und Parasiten sind.

Die insgesamt 1500 Setzlinge waren bis zum Beginn der Vorperiode in Glasaquarien (ca. 40 l) und in den 12 Rundbecken bei Frischwasserdurchfluß untergebracht und erhielten Pellets aus institutseigener Herstellung.

Die 660 für den Ergänzungsversuch benötigten Fische wuchsen während der Zwischenhaltungsdauer auf ca. 23,2 g ab.

Für den Verdauungsversuch dienten diejenigen Fische, die schon im Zusatzversuch eingesetzt und zwischenzeitlich in Fischbecken gehältert waren. Bis zum Zeitpunkt des Beginns des 1. bzw. 2. Durchgangs erreichten sie ein Stückgewicht von durchschnittlich ca. 154 bzw. 243 g Lebendmasse. Die Fütterung erfolgte mit dem 3 mm-Haltungsfutter des Institutes. Für beide Durchgänge waren 96 Regenbogenforellen notwendig.

3.3.3 Futterzusammensetzung und -herstellung

Die Zusammensetzung der Rationen beider Versuchstypen war derart verschieden, so daß eine getrennte Beschreibung notwendig ist. Gemeinsam war jedoch der Gehalt des Ca-Propionats ("Luprosil" d. BASF, Ludwigshafen) mit 0,5 g/90 g Basalration welches einem Schimmelpilzbefall des Futters vorbeugen sollte. Auch die Mengen der Vitaminvormischung (0,6 g/90 g Basalration, Tabelle 30), der Spurenelement-Vormischung (0,1 g/90g Tabelle 31), sowie der Indikatorsubstanz Cr_2O_3 (0,5 g/90 g) für die spätere Verdaulichkeitsbestimmung waren gleichgehalten.

Tab. 30: ZUSAMMENSETZUNG VITAMINVORMISCHUNG

Angaben pro 6 g Vormischung

Retinol	9.01 mg	Cholecalciferol	66 mg
α -DL-Tocopherolacetat	72 mg	Menadion	2.4 mg
Thiamin	10.8 mg	Riboflavin	14.4 mg
Pyridoxin	6.0 mg	Cobalamin	60 μ g
Biotin	180 μ g	Folsäure	360 μ g
Ca-Pantothenat	36 mg	Nicotinsäure	108 mg
Cholin	900 mg	Ascorbinsäure	180 mg

Tab. 31: ZUSAMMENSETZUNG SPURENELEMENTVORMISCHUNG

mg/ g Vormischung

Fe (als Fumarat)	150	Mn (als Sulfat x H_2O)	120
Zn (als Acetat)	120	Mg (als Oxid)	105
Cu (als Acetat x H_2O)	18	F (aus Na-Fluorid)	7.5
J (aus Kaliumjodid)	3.75	Co (als Sulfat x $7H_2O$)	1.5
Se (aus Na-Selenit x $5H_2O$)	0.75		

3.3.3.1

Zusatzversuch

Während die Basalration (1) der Caseinreihe mit dem Code-Nr. (1)-(5) Labcasein und Gelatine im Verhältnis 75 % : 25 % enthielt, diente Ration (6) mit 31,37 g FPC pro 90 g Futter als Vergleichsration für die Rationen (7)-(10). Gemäß den Herstellerangaben entsprachen die Mischungen in den Konzentrationen wie sie in Tab. 32 und 33 angegeben sind, einen RP-Gehalt von 25 g/90, 95 bzw. 100 g Futter.

Diesen Basalrationen (1) und (6) wurden 5 bzw. 10 g Leder-mehl sowie Geflügelmehl zugemischt. Die übrigen Komponenten waren in allen 10 Rationen gleichgehalten mit Ausnahme der Maisquellstärke (Flocculante), welche aufgrund der verschiedenen Konzentrationen von Labcasein-Gelatine und FPC im Futter in der Reihe (1) bis (5) 49,31 g und in der Reihe (6) bis (10) 47,73 g betrug.

Zu den Angaben in den Tabellen 32 und 33 ist zu bemerken, daß sich die Konzentrationen zum Teil nicht auf 100 % aufsummieren lassen und daher nicht wirkliche Prozentsätze darstellen. Andererseits ist dieses Angabeverfahren jedoch versuchstechnisch richtig und mischtechnisch vorteilhaft, es wird beim Fütterungsregime entsprechend berücksichtigt.

Die ermittelten Rohnährstoffkonzentrationen sowie die Chromoxid-Gehalte sind in den Tabellen 34 und 35 wiedergegeben.

Um diese Ergebnisse mit den Mischunterlagen (Tab. 32 und 33) vergleichen zu können, müssen die Konzentrationen letzterer auf wahre Prozentsätze umgerechnet werden oder die analysierten Daten auf 90 bzw. 95 und 100 Teile wie in den Mischrezepturen bezogen werden. Letzteres Verfahren ist in Tab. 36 für den RP- und den Chromoxidgehalt vorgenommen worden.

Tabelle 32: **RATIONSZUSAMMENSETZUNG**
VERSUCH I A

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein (g)	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
Gelatine (g)	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Federmehl (g)	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl (g)	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl (g)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O (g)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ca CO ₃ (g)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Na Cl ³ (g)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin-VM (g)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spurenelement-VM (g)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃ (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maisquellstärke (g)	49.31	49.31	49.31	49.31	49.31
Gesamt (g)	90	95	100	95	100

Tabelle 33:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG

VERSUCH I B

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC (g)	31,37	31.37	31.37	31.37	31.37
Federmehl (g)	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl (g)	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl (g)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O (g)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Na Cl (g)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin-VM (g)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spuren-VM (g)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃ (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maisquellstärke (g)	47.73	47.73	47.73	47.73	47.73
Gesamt (g)	90	95	100	95	100

Tabelle 35:

VERSUCH I A (CASEINBASIS)

ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN

(Analytisch)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
Gelatine	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Ledermehl	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser (%)	10.2	10.3	10.4	10.3	10.6
Rohprotein (% d. TS)	29.4	31.0	31.5	29.7	33.1
Bruttoenergie (KJ/g TS)	20.3	20.5	20.4	20.4	20.6
Cr ₂ O ₃ (% d. TS)	0.58	0.56	0.56	0.56	0.54
Rohasche (% d. TS)	5.26	6.14	6.09	5.71	5.98

Tabelle 35: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN
(Analytisch)

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Ledermehl	---	5.0	10.0	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser (%)	8.7	9.0	8.8	8.7	10.8
Rohprotein (% d. TS)	32.0	33.8	35.3	34.7	36.2
Bruttoenergie (KJ/g TS)	21.1	21.1	21.1	21.0	21.1
Cr ₂ O ₃ (% d. TS)	0.58	0.58	0.55	0.59	0.55
Rohasche (% d. TS)	3.92	5.08	6.07	4.41	4.82

Tab. 36: VERGLEICH BERECHNETER (B) UND ANALYSierter (A)
RP- UND CR₂O₃-KONZENTRATIONEN

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
g pro		90g	95g	100g	95g	100g	90g	95g	100g	95g	100g
Cr ₂ O ₃	A	0.47	0.48	0.50	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	0.51	0.49
	B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
RP	A	23.8	26.4	28.2	25.3	29.6	26.3	29.2	32.2	30.1	32.3
	B	25.0	27.6	30.2	27.8	30.4	25.0	27.6	30.2	27.8	30.4

3.3.3.2 **Ergänzungsversuch**

Alle Rationen waren auf ca. 40 % Rohprotein eingestellt, wobei die Basis- und Vergleichsration 32 % RP aus FPC und 8 % RP aus Danpro DL-Methionin-ergänzt enthielt.

Bei den Rationen (2) bis (8) wurde FPC gegen die zu untersuchenden Produkte ausgetauscht und Danpro mit 13,12 % sowie DL-Methionin mit 0,08 % (= 1 % des Danproproteins) konstant gehalten.

Den Rationen (9) bis (15) hingegen lag ein konstanter FPC-Gehalt von 39,8 % bei variierenden Danpro- und DL-Methionin-Konzentrationen zugrunde.

Ersetzt wurde das Rohprotein aus FPC bzw. Danpro durch 10 und 20 % Rationsprotein aus Geflügelmehl bzw. Ledermehl sowie durch 10 und 15 % Rationsprotein aus Algenpulver. Die Prozentangaben in der zugehörigen Tabelle 37 beziehen sich indes auf die Gesamtprodukte. Im Falle des Panseninhalts wurden jeweils 10 % bei entsprechend protein-reduzierten FPC bzw. Danpro (auch zu Lasten von Maisquallstärke) eingemischt.

Allen Rationen wurde 10 % Fischöl zugegeben, während die Mineralienzumischung entsprechend den unterschiedlichen Gehalten in den Mikroalgen und den Abfallprodukten teilweise variierte (Tab. 37).

Die analysierten Rohnährstoffgehalte der Rationen finden sich in Tabelle 38.

Tab. 37a:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) VERSUCH II

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC	39,85	34,87	29,89	34,87	29,89	34,87	32,38	38,18
Danpro	13,19	13,19	13,19	13,19	13,19	13,19	13,19	13,19
Methionin	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Geflügelmehl	---	6,26	12,52	---	---	---	---	---
Ledermehl	---	---	---	7,62	15,24	---	---	---
Algen	---	---	---	---	---	6,83	10,24	---
Panseninhalt	---	---	---	---	---	---	---	10
Fischöl	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ca-Propionat	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Na ₂ HPO ₄	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KH ₂ PO ₄	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CaHPO ₄ · 2H ₂ O	---	---	---	0,55	1,1	0,55	0,55	0,55
NaCl	---	---	---	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05
MgO	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
KCl	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cr ₂ O ₃	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitamin-VM	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Spuren-VM	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Maisquellstärke	32,80	31,52	30,24	29,56	26,32	30,35	29,43	23,87

Tab. 37b: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) VERSUCH II

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC	39,85	39,85	39,85	39,85	39,85	39,85	39,85
Danpro	6,59	---	6,59	---	6,59	3,29	10,98
Methionin	0,04	---	0,04	---	0,08	0,08	0,07
Geflügelmehl	6,26	12,52	---	---	---	---	---
Ledermehl	---	---	7,62	15,24	---	---	---
Algen	---	---	---	---	6,83	10,24	---
Panseninhalt	---	---	---	---	---	---	10
Fischöl	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ca-Propionat	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Na ₂ HPO ₄	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KH ₂ PO ₄	1,0	1,0	1,15	1,3	1,15	1,15	1,15
CaHPO ₄ · 2H ₂ O	---	---	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
NaCl	---	---	---	---	---	---	---
MgO	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
KCl	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cr ₂ O ₃	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vit.-Vormischg.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Spuren.-Vormischg.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Maisqueilstärke	33,18	33,55	31,57	30,33	32,32	32,21	24,77

Tab. 38a:

VERSUCH II
ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER RATIONEN (Analytisch)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC %	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro %	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin %	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0,08
Geflügelmehl %	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl %	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Algen %	---	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt %	---	---	---	---	---	---	---	10
Rohwasser %	10.7	7.4	7.7	10.4	9.1	8.5	8.5	10.6
Rohprotein % d. T	44.1	41.8	43.2	43.6	41.3	44.3	44.3	44.2
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.9	21.9	22.2	21.6	21.4	21.7	21.7	21,8
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.55	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57	0.56	0.54
Rohasche % d. T	6.23	6.59	6.95	8.12	10.01	7.27	7.45	7.94

Tab. 38b:

VERSUCH II
ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER RATIONEN (Analytisch)

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC %	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro %	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.98
Methionin %	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0,07
Geflügelmehl %	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl %	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algen %	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt %	---	---	---	---	---	---	10
Rohwasser %	8.2	7.9	9.4	9.5	7.1	10.1	8.1
Rohprotein % d. T	39.0	43.0	43.3	42.3	39.0	39.0	40.3
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.9	22.2	21.6	21.4	21.0	21.8	22.0
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.53	0.54	0.54	0.52	0.51	0.58	0.57
Rohasche % d. T	6.44	6.55	7.82	9.37	5.77	7.14	7.82

3.3.3.3 Futterherstellung

Die einzelnen Futterkomponenten wurden bei kleinen Einwaagen auf einer Mettler-Feinwaage (Wägegenauigkeit 0,1 g) und ab 3 kg auf einer Waage mit einer Wägegenauigkeit von 10 g gewogen und ein erstes Mal gemischt, nach Zugabe der abgewogenen Fischölmenge erfolgte eine zweite Mischung.

Zur Herstellung der Rationen des Zusatzversuches wurde derart vorgegangen, daß die jeweilige Basisration zunächst in grösserer Menge gemischt wurde, dann dieser sich auf 90 Teile Futter belaufenden Mischung die jeweiligen Prüfprodukte gemäß der Versuchsplanung zugegeben wurden. Die Versuchsrationen entstanden so in einem zweiten Mischvorgang.

Alle Rationen beider Versuche wurden maschinell pelletiert, als Pellet-Durchmesser wurde 1,5 mm gewählt.

3.3.4 Fütterungsregime

Das Futter wurde täglich frisch eingewogen. Ausgenommen waren jedoch die Wiegetage, an denen die Fische kein Futter erhielten.

Die Berechnung der täglichen Futtermengen erfolgte jeweils anhand des Gesamtgewichts eines Versuchsbeckens. Änderungen der täglichen Futtermengen ergaben sich indes bei Fischverlusten.

Vor dem Abwiegen der Futterpellets wurden diese durch Sieben vom Abrieb befreit, nur um eine Verschmutzung des Wassers mit Futtersubstanz möglichst gering zu halten, vor allem aber, um eine quantitative Aufnahme des Futters durch die Fische zu erreichen. Bei nicht quantitativem Futtermessverzehr wurde der übrigbleibende Futteranteil zurückgewogen und bei der Berechnung des Futtermessverzehrs entsprechend berücksichtigt.

Während beim Zusatzversuch nur zwei Fütterungen pro Tag durchgeführt wurden, erfolgte die Futterzuteilung im Ergänzungs- und Verdauungsversuch dreimal täglich.

Zusatzversuch

Entsprechend der Größe der Fische war in der Vorperiode die Futtermenge (lufttrocken) auf 1,8 % des Körpergewichts ausgelegt, während das Fütterungsniveau in der Hauptperiode in Abhängigkeit von der Rationsgestaltung (siehe Versuchsanlage, Tab. 25 und 26), für die Rationen (1) und (6) 1,8 %, für die Rationen (2), (4), (7) und (9) 1,9 % sowie für die Rationen (3), (5), (8) und (10) 2 % des Körpergewichts betrug.

Ergänzungsversuch

Sowohl in der Vor- als auch in der Hauptperiode wurde die tägliche Futtermenge auf 2 % des Körpergewichts festgesetzt.

Verdauungsversuch

Da im Verdauungsversuch herangewachsene größere Fische verwendet wurden, erfolgte die tägliche Fütterung in der Vor- und Hauptperiode mit einer Futtermenge von 1,5 % des Körpergewichts.

3.3.5 Analytische Methoden

3.3.5.1 Probenaufbereitung

Die bei -18°C aufbewahrten und zur Ganzkörperanalyse bestimmten Fische wurden noch halbgefroren in einem Fleischwolf (4,5 mm-Scheibe) zerkleinert, gewogen, bei 105°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz (hier ca. 24 Stunden) getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsikkator erneut gewogen. Die Gewichts Differenz ergab gemäß der Weender-Analysenvorschrift den Wassergehalt. Die anschließend in einer Kaffeeschlagmühle homogenisierte Trockensubstanz diente als Ausgangsmaterial für die Rohnnährstoffanalysen und die Energiebestimmung.

3.3.5.2 Rohnnährstoffanalysen

Die Rohnnährstoffe in Futter, Kot und Tierkörpern wurden entsprechend der Weender-Analyse bestimmt. In der Regel werden die Rohnnährstoffe auf die Trockensubstanz bezogen, da der Wassergehalt der Frischsubstanz in weiten Grenzen schwanken kann.

Trockensubstanz (T) und Asche

Zur Durchführung der Trockensubstanz- und Aschebestimmungen gemäß der Weender-Analysenvorschriften wurden jeweils ca. 3-5 g des Probenmaterials eingewogen und ca. 3 Stunden bei 105°C getrocknet bzw. bei 550°C mindestens 12 Stunden lang verbrannt, bis eine von Kohlepartikeln freie Asche entstanden war.

Rohprotein

Rohprotein wurde als Stickstoff bestimmt, aus dem Stickstoffgehalt durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 (entsprechend 16 % N im Protein) berechnet. In der vorliegenden Arbeit wurde die N-Bestimmung in einer Technicon-Analysenanlage durchgeführt, die aus einem Thermoblock für den Aufschluß der Proben und einem Autoanalyser mit angeschlossenen Schreiber für die Aufzeichnung des Stickstoffgehaltes bestand. Der Aufschluß der Proben erfolgte analog zur Kjehldahlmethode. Etwa 400 mg des Untersuchungsmaterials (Kot ca. 100 mg) wurden in 10 ml eines Säuregemisches aus konz. Schwefel- und Phosphorsäure (20 : 1) unter Zugabe eines Selenreaktionsgemisches (Fa. Merck) für ca. 4 Stunden bei 370°C aufgeschlossen. Zur Eichung des Analyzers diente je nach dem zu erwartenden N-Gehalt des Analysenmaterials eine 500 oder 1000 ppm-N-Standardlösung.

Die Ammonium-Bestimmung wurde nicht titrimetrisch vorgenommen, sondern basierte auf einer colorimetrischen Methode. Durch die Reaktion des Ammonium-Ions mit Salicylat und Natriumhypochlorid bildet sich in einem gepufferten alkalischen Medium (pH-Wert 12.8-13.0) unter Mitwirkung von Natriumnitroprussid als Katalysator ein smaragdgrüner Komplex. Der gebildete Ammonium-Salicylat-Komplex wird bei 660 nm photometrisch gemessen.

3.3.5.3 Energiegehalt

Die Bruttoenergie des Futters und der Probenfische(-Trockensubstanz) wurde in einem adiabatischen Bombenkalorimeter (IKA, Typ C 400, Hersteller Janke & Kunkel KG, Staufen i. Br.) gemessen.

Diese Bestimmung verläuft nach folgendem Prinzip:

In einem verschleißbaren dickwandigen Stahlgefäß (Berthelot-sche Bombe) wird eine Probe der wasserfreien Substanz bei 25-30 atü Sauerstoffdruck quantitativ verbrannt. Die Zündung erfolgt von außen über einen elektrischen Glühdraht. Die bei der Verbrennung freiwerdende Wärmemenge wird in einem nach außen wärmeisolierten Wassermantel aufgefangen, in dem die Bombe vor der Zündung gestellt wurde. Die Temperaturerhöhung des Kalorimeterwassers wird mit einem geeichten Beckmann-Thermometer auf 0.001°C genau bestimmt. Unter Berücksichtigung verschiedener Korrekturen wird daraus die Verbrennungswärme der Analysenproben berechnet, die als spezifische Verbrennungswärme (Heizwert) in KJ/g angegeben wird.

3.3.5.4 Verdaulichkeit nach dem Indikatorverfahren

Die Verdaulichkeit der T und der Rohnnährstoffe wurde nach dem Indikatorverfahren bestimmt. Dazu war dem Versuchsfutter Chrom(III)Oxid(Cr_2O_3) als Indikatorsubstanz zugesetzt worden.

Gewinnung der Kotproben

Zur Gewinnung der Kotproben wurden zwei verschiedene Methoden angewandt, die im folgenden kurz beschrieben werden.

Im Zusatzversuch wurde das "Stripping-Verfahren" durchgeführt. Dabei wurden die Fische zuvor in einem Betäubungsbad (MS 222; 1:25000) ruhig gestellt, der Kot wurde vor der natürlichen Ausscheidung durch Ausstreichen aus dem Enddarm gewonnen.

Wegen der geringen Kotmengen der relativ kleinen Fische mußten die so erhaltenen Fäces-Proben aller Fische pro Rationsgruppe zur Aufbereitung und Bestimmung des RP- und Cr_2O_3 -Gehalts gepoolt werden.

Im Verdauungsversuch erfolgte die Gewinnung der Kotproben dagegen durch ein Kotsammel-Verfahren. Dazu konnten die ausgeschiedenen Fäces der Fische in den unter den Rundbecken stehenden Kotsammelgefäßen aufgefangen werden (s. Abb. 11). Um den Kot quantitativ zu isolieren, wurde der Inhalt dieser Gefäße vorsichtig durch ein engmaschiges Sieb gegossen, wobei feinere Futterpartikel das Sieb passieren konnten. Noch an den Kotballen anhaftende Futterreste wurden vorsichtig mit einer Spritzflasche ab- und durch das Sieb gespült. Die zurückbleibenden Kotballen und -partikel wurden dann quantitativ in eine Plastiktüte überführt und bis zur weiteren Verarbeitung bei -18°C tiefgefroren aufbewahrt.

Während der Hauptperiode des Verdauungsversuchs erfolgte täglich eine Kotentnahme in der beschriebenen Weise. Zur Aufbereitung der Kotproben wurde der Kot der Fische einer Ration (jeweils 2 Becken) über die gesamte Hauptperiode gepoolt, im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach Abkühlen in einer Kaffeeschlagmühle homogenisiert.

Chromoxidbestimmung

Die Bestimmung des Chromoxidgehalts der Kot- und Futterproben wurde nach den Angaben von PETRY und RAPP (1971) wie folgt durchgeführt:

Die organische Substanz des Untersuchungsmaterials wurde mit Hilfe eines Oxydationsgemisches nach BOLIN (1952) naß verascht. Dabei findet gleichzeitig eine Oxidation des 3-werti-

gen Chroms zum 6-wertigen Chromat statt. Die Bestimmung des Monochromatgehaltes in der stark alkalischen Meßlösung (pH: 11) wird photometrisch bei 370 nm vorgenommen. Die eigenen Messungen erfolgten mit einem 365 nm Filter.

3.3.5.5 Siebanalyse

Da die Verdaulichkeit stark abhängig von der Partikelgröße der Futterbestandteile ist, wurden von den Basis-Proteinquellen Casein, Gelatine und FPC sowie von den Abfallprodukten Leder- und Geflügelmehl Siebanalysen durchgeführt.

Dazu wurde eine Sieb- und Schüttelmaschine der Fa. Retsch, Typ "Plan", welche für alle Futtermittel geeignet sein soll, mit den 8 Prüfsieben der Maschenweiten 0,045; 0,090; 0,125; 0,180; 0,250; 0,355; 0,500 und 1000 mm und einer Siebpfanne benutzt. Als Siebhilfen fanden bei den Sieben 0,125 mm eine Nylonbürste und bei den gröbermaschigen Sieben je 10 Glaskugeln Verwendung.

Während einer Probesiebung wurde festgestellt, daß sich bei Siebzeiten zwischen 10 und 50 Minuten die Analysenwerte der Kornfraktionen erheblich zu höheren Werten aber kleineren Partikel verschieben und kaum reproduzierbar sind. Nach einer Siebdauer von 60 Minuten konnten die besten Reproduzierbarkeiten ermittelt werden, so daß die Siebanalyse mit dieser Zeit standardisiert wurde und zwar jeweils bei einer Schwingungsintensität von 100 (= 300 Schwingungen/min).

Über die ermittelten Siebanalysen mit einer Siebgutmenge von 100 g orientiert die Tabelle 33, welche die Durchschnitte von jeweils 2 Untersuchungen angibt.

Tab. 39: **SIEBANALYSE DER FUTTERBESTANDTEILE**
Prozentuale Anteile der Siebfraktionen

Sieb mm	Komponenten der Basalration				Prüffuttermittel			
	Casein	Gelatine	FPC	Danpro	LM	GM	PI	MA
Boden	11.8	0.8	14.6	5.9	0.0	0.0	12.9	2.6
0.045	46.4	2.0	61.3	16.5	0.2	0.5	13.6	8.3
0.090	28.1	3.4	22.2	2.7	1.6	6.8	12.1	7.5
0.125	9.2	5.3	1.7	2.5	12.3	16.0	10.9	8.4
0.180	2.3	12.6	0.2	4.6	66.7	25.9	17.0	14.6
0.250	0.4	28.1	0.2	67.2	16.9	19.9	17.4	20.3
0.355	0.7	38.0	0.1	0.3	1.8	13.0	10.6	18.8
0.500	0.8	10.0	0.0	0.3	0.5	13.5	5.5	19.1
1.000	0.5	0.1	0.0	0.1	0.1	4.9	0.2	0.6

LM: Ledermehl; GM: Geflügelmehl; PI: Panseninhalt; MA: Mikroalgen

3.3.6 Versuchsauswertung

Zur Versuchsauswertung gelangten die Wachstumsparameter Lebendmassezunahme und die spezifische Wachstumsrate, der Futterverzehr und die Futterverwertung, Verdauungsparameter des Futterproteins und der Bruttoenergie sowie die Verdaulichkeit.

Die Definitionen beziehen sich nach Möglichkeit auf die von einer internationalen Arbeitsgruppe (CASTELL und TIEWS, 1980) erarbeiteten und als Empfehlung publizierten Fachausdrücke.

Zur Ermittlung des Fischgewichts wurde immer der gesamte Beckenbesatz gewogen und das durchschnittliche Einzelfischgewicht errechnet. Während die Ablesegenauigkeit der Waage 0,1g betrug, belief sich die Standardabweichung bei 7 Gruppenwiegungen von 20 Fischen á ca. 25 g Stückgewicht auf $\pm 1,4$ g bzw. 0,3 % (STERNIK 1985).

Während des Versuches verringerten die Tierverluste den möglichen Zuwachs und Ansatz in einem Becken. Da bei Berechnungen des Zuwachses und des Ansatzes ein Bezug auf die während des Gesamtversuchs in jedem Becken vorhandene Lebendmasse notwendig ist, muß die ursprünglich gemessene Lebendmasse im Falle des Verendens eines oder mehrerer Fische um die Verluste korrigiert werden.

Bei Fischverlusten in der Zeit zwischen Zwischenwiegungen und Versuchsende wurde angenommen, daß diese Fische dieselbe Wachstumsrate hatten wie die anderen Forellen des Beckens. Das Gewicht des toten Fisches wurde um die spezifische Wachstumsrate der Fische des Beckens von Versuchsbeginn bis zur Zwischenwiegeung korrigiert und zum Endgewicht addiert.

3.3.6.1

Wachstum

Die Lebendmassezunahme (LMZ) wird in g/Fisch angegeben und bezeichnet die absolute Zunahme eines Fisches über einen definierten Zeitabschnitt. Wird die Lebendmasse relativ in % angegeben, so entspricht dieser Prozentsatz die Zunahme in % gegenüber der Lebendmasse zu Versuchsbeginn.

Spezifische Wachstumsrate (α):

Zur besseren Vergleichbarkeit des Wachstums bei Fischen unterschiedlicher Lebendmasse wird jedoch ein anderer relativer

Ausdruck, nämlich die spezifische Wachstumsrate, welche den prozentualen Zuwachs pro Tag angibt, bevorzugt. Diese läßt sich von der Wachstumsformel

$$W_{ti} = W_0 \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)t$$

ableiten, wobei W_{ti} = Lebendmasse am Tag t

W_0 = Lebendmasse zu Versuchsbeginn (= Tag 0)

t = Zeit in Tagen

und α = spezifische Wachstumsrate bedeuten.

Die spezifische Wachstumsrate erhält man durch Umformen dieser Gleichung wie folgt:

$$\alpha = \sqrt[t]{\frac{W_{ti}}{W_0}} - 1 \times 100$$

3.3.6.2 Futterverzehr (FVZ)

Bei einem konstanten Fütterungsniveau und täglichen Rückwaagen des nicht verzehrten Futters entspricht der Futterverzehr der Summe des täglichen eingewogenen Futters minus der Summe der täglichen Rückwaagen und wird in g (lufttrockener) Futteraufnahme pro Fisch über einem bestimmten Zeitraum angegeben.

3.3.6.3 Parameter der Futterverwertung

Futterverwertung (FVW)

Die Futterverwertung ist definiert als Körpergewichtszuwachs

pro verzehrten (lufttrockenen) Futters und trägt die Dimension g/kg. Sie ist reziprok zum häufig verwendeten Begriff Futterquotient als Futterverzehr pro Lebendmassezunahme.

Protein Efficiency Ratio (PER)

Die Protein Efficiency Ratio bezeichnet die Gewichtszunahme (g) pro g aufgenommenen Proteins und dient zur Beurteilung der Proteinqualität.

Produktiver Proteinwert (PPW)

Der produktive Proteinwert gibt die prozentuale Beziehung zwischen dem angesetzten und aufgenommenen Protein wieder und wird nach folgender Formel berechnet, wobei statt des Proteins der Stickstoff (N) eingesetzt wird:

$$PPW = \frac{N\text{-Ansatz (g)}}{N\text{-Aufnahme (g)}} \times 100$$

Der verdauliche produktive Proteinwert ($PPW_{\text{verd.}}$) wäre analog nach der Gleichung

$$PPW_{\text{verd.}} = \frac{RP\text{-Ansatz (g)}}{RP_{\text{verd.}}\text{-Aufnahme (g)}} \times 100$$

zu berechnen. Er kann aber unter Einbeziehung der Verdaulichkeit (V %) und einem bekannten PPW nach der Formel

$$PPW_{\text{verd.}} = \frac{PPW}{(V \%)} \times 100$$

(Ableitung siehe bei SALEH 1985) errechnet werden.

Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie (K_{tot})

Der Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie definiert den prozentualen Energieansatz bezogen auf die mit der Nahrung aufgenommene Energiemenge:

$$K_{\text{tot}} = \frac{\text{Energieansatz (KJ)}}{\text{Energieaufnahme (KJ)}} \times 100$$

3.3.6.4 Verdaubarkeit

Die Verdaubarkeit (V) der Rohnährstoffe wurde nach dem Indikatorverfahren bestimmt. Der Vorteil dieser Methode ist darin zu sehen, daß eine quantitative Sammlung des Kots nicht notwendig ist; denn bei konstantem Indikatorgehalt im Futter ist lediglich die Konzentration des Indikators in der Kotprobe zu analysieren und die scheinbare Verdaubarkeit (V) bei bekanntem Nährstoffgehalt im Futter und im Kot nach folgender Formel zu berechnen:

$$V (\%) = 100 - \frac{\text{Indikator i.Futter (\%)} \times \text{Nährstoff i.Kot (\%)}}{\text{Indikator i.Kot (\%)} \times \text{Nährstoff i.Futter (\%)}} \times 100$$

Die Ableitung dieser Formel sowie nähere Angaben zum Prinzip der Indikatormethode finden sich u.a. bei PETRY und RAPP (1972).

3.3.6.5 Trockensubstanz, Protein- und Energieansatz

Zur Ermittlung des Ansatzes an Trockensubstanz, an Rohprotein

und Energie waren Ganzkörperanalysen von repräsentativen Probenfischen zu Versuchsanfang und -ende durchgeführt worden. Aus den Daten der Ganzkörperanalysen ließen sich diese Parameter wie folgt berechnen:

$$T\text{-Ansatz} = \frac{LME_{VE} \times T_{VE} - LM_{VB} \times T_{VB}}{100}$$

wobei T_{VE} , T_{VB} der Trockensubstanzgehalt in % zu Versuchsende bzw. -beginn bedeuten.

Bei der Bestimmung des N(RP)- und des Energie-Ansatzes wird analog verfahren.

3.3.7 Versuchsdurchführung und -verlauf

Um in den einzelnen Versuchsgruppen möglichst ein einheitliches Tiermaterial zu erhalten, wurden die Fische für den Zusatz- und Ergänzungsversuch mit einem Fischsortiergerät der Größe nach sortiert. Zu große und zu kleine Fische wurden damit ausgesondert, um die Streuung der Einzelfischgewichte zu Versuchsbeginn möglichst niedrig zu halten.

Dagegen konnten die Forellen für den Verdauungsversuch aufgrund der geringen Anzahl pro Becken und der sichtlich unterschiedlichen Größe rein optisch ausgewählt werden.

Jedem Versuch war eine 2-wöchige Vorperiode vorgeschaltet, in welcher sich die Fische an die neue Umgebung einschließlich des Betreuungspersonals und der Fütterungszeiten gewöhnen sollten. Die anschließende Hauptperiode dauerte für den Zusatz- und den Ergänzungsversuch jeweils 8 Wochen, für den Verdauungsversuch 2 Wochen.

Zu Beginn der Vorperiode und danach im Abstand von 2 Wochen wurden die Anzahl und das Gewicht der Fische festgestellt. Dazu wurden die Fische mit einem Kescher aus den Becken gehoben, das an Kescher und Fischen anhaftende Wasser vorsichtig abgeschüttelt und die Fische in eine mit Wasser gefüllte auf der Waage austarierte Schüssel überführt.

Zur Ganzkörperanalyse wurden zu Versuchsbeginn des Zusatz- und des Ergänzungsversuchs jeweils 20 Fische und zu Versuchsende beim Zusatzversuch pro Rationsgruppe 10 Fische sowie beim Ergänzungsversuch 5 Fische pro Becken ausgewählt, wobei die mittlere Lebendmasse dieser Fische repräsentativ für die jeweiligen durchschnittlichen Stückgewichte der Rationsgruppen sein sollten. Die Fische wurden durch Schlag auf dem Kopf getötet, gewogen und bis zur späteren Aufarbeitung bei -18°C in einer Tiefkühltruhe gelagert.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die speziellen und verschiedenen Angaben zu den jeweiligen Versuchen.

3.3.7.1

Zusatzversuch

Der Besatz von 40 Becken der Kreislaufanlage erfolgte mit 5 Forellen pro Becken, wobei die mittlere Lebendmasse des jeweiligen Beckenbesatzes annähernd gleichgehalten wurde. Zu Versuchsbeginn betrug das durchschnittliche Fischgewicht bei den Rationen auf Casein-Gelatine-Basis ca. 16.5 g und bei jenen auf FPC-Basis ca. 17.0 g, welches bei einem Aquariumvolumen von ca. 25 l einer Besatzdichte von 3.3 g bzw. 3.4 g LM/l entsprach. Jede Versuchsgruppe war mit 4 Wiederholungen angelegt.

Die Verteilung der Becken im Raum wurde nach dem Zufallsprinzip vorgenommen und ist aus den Tabellen 40 und 41 ersichtlich. Der Wasserdurchfluß betrug während des Versuchs ca. 8.9 l/h und gewährleistete eine ausreichende Sauerstoffversorgung.

In der 1. Woche der Vorperiode erhielten die Fische das institutsübliche 1,5 mm-Haltungsfutter, während in der 2. Woche das Kontrollfutter (1) der Caseinreihe gefüttert wurde. Das Fütterungsniveau betrug dabei 1.8 % der Lebendmasse pro Tag. Während der Hauptperiode erfolgte die Fütterung gemäß dem im Kapitel "Fütterungsregime" beschriebenen Verfahren.

Tab. 40: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERSUCH I A

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
1	(1)	11	(3)
2	(4)	12	(1)
3	(3)	13	(5)
4	(2)	14	(2)
5	(5)	15	(4)
6	(3)	16	(2)
7	(1)	17	(1)
8	(4)	18	(3)
9	(2)	19	(4)
10	(5)	20	(5)

Tab. 41: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERSUCH I B

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
21	(6)	31	(8)
22	(9)	32	(6)
23	(8)	33	(10)
24	(7)	34	(7)
25	(10)	35	(9)
26	(8)	36	(7)
27	(6)	37	(6)
28	(9)	38	(8)
29	(7)	39	(9)
30	(10)	40	(10)

Die 2 malige Futterzuteilung pro Tag wurde jeweils morgens gegen 9 Uhr und nachmittags um 16 Uhr durchgeführt, wobei - wie schon erwähnt - an den Wiegetagen keine Fütterung vorgenommen wurde.

Die Reinigung der Becken erfolgte im Abstand von 2 Tagen, indem die sich am Boden angesammelten Kot- und Futterreste mit einem dünnen Plastikschauch abgesaugt wurden.

Das in diesem Versuch durchgeführte "Stripping-Verfahren" zur Kotgewinnung fand jeweils in der Zeitmitte zwischen den Wiegungen, d.h. nach 1, 3, 5 und 7 Wochen ab Versuchsbeginn, statt.

Bei den Casein-Rationen (1)-(5) war die Fütterung zu Versuchsbeginn etwas problematisch. Auch durch eine langsame und zeitlich verteilte Fütterung konnte keine vollständige Aufnahme des Futters erreicht werden. Bei sich abzeichnender Futterverweigerung wurde nicht mehr die gesamte Futtermenge verabreicht und der zurückbleibende Teil zurückgewogen.

Nach 2 Wochen wurde das Futter zwar gerne angenommen, aber im weiteren Versuchsverlauf stellte sich eine Verzehrsdepression ein. Während die Mortalität in den ersten 4 Wochen relativ gering war, wurde danach bis zum Versuchsende eine höhere Mortalität beobachtet. Die Tiere verendeten unter unspezifischen Symptomen wie Senkrechttstehen und Schrägschwimmen. Es ist aber wohl darauf hinzuweisen, daß es sich bei den gestorbenen Fischen um vergleichsweise kleine und schwächliche Exemplare handelte. Prophylaktisch wurde im letzteren Versuchsabschnitt (7. + 8. Woche) eine Formalinbehandlung (Bad 1:6000) durchgeführt.

Die mit den FPC-Rationen (6)-(10) gefütterten Fische akzeptierten das Versuchsfutter sofort ab Versuchsbeginn, es kam auch während der gesamten Versuchsdauer zu keinen nennenswer-

ten Schwierigkeiten bei der Futteraufnahme. Der Gesundheitszustand der Forellen war zufriedenstellend, was auch durch die niedrige Mortalitätsrate erkennbar war. Diejenigen Fische, die während des Versuchs verendeten, zeigten keine spezifischen Symptome.

3.3.7.2 **Ergänzungsversuch**

Bei diesem Versuch wurden alle 60 verfügbaren Becken der Kreislaufanlage mit je 10 Fischen eines durchschnittlichen Gewichts von ca. 23.2 g eingesetzt bei wiederum 4 Wiederholungen/Gruppe.

Diese Fischdichte ergab bei einem eingestellten Beckenvolumen von nun mehr ca. 33 l einen Besatz von 7.0 g/l. Entsprechend der höheren Besatzdichte als im Zusatzversuch wurde der Durchfluß auf ca. 25.5 l/h einreguliert, um die O₂-Konzentration in ausreichender Höhe zu halten.

Die nach dem Zufallsprinzip erfolgte Verteilung der Becken im Raum ist der Tabelle 42 zu entnehmen.

Die Versuchsfische wurden in der ersten Woche der Vorperiode mit dem Fischhaltungsfutter des Instituts (1,5 mm-Pellets) und in der 2. Woche mit dem Kontrollfutter (1) gefüttert. In der anschließenden Hauptperiode erhielten sie die jeweiligen Versuchsfutter gemäß dem Fütterungsregime. Das Fütterungsniveau betrug in der Vor- und Hauptperiode gleichermaßen 2 % der Lebendmasse. Die Fische wurden mit Ausnahme der Wiegetage dreimal täglich gefüttert, und zwar vormittags gegen 9 Uhr, mittags um 12 Uhr und nach mittags gegen 16 Uhr.

Die Beckenreinigung erfolgte in dreitägigem Turnus durch Absaugen der angesammelten Fäces mit einem Plastikschauch nach dem Heberprinzip.

Tab. 42: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERSUCH II

Becken Rationsgruppe	1 (1)	2 (4)	3 (3)	4 (2)	5 (5)	6 (3)	7 (1)	8 (4)	9 (2)	10 (5)
Becken Rationsgruppe	11 (3)	12 (1)	13 (5)	14 (2)	15 (4)	16 (2)	17 (1)	18 (3)	19 (4)	20 (5)
Becken Rationsgruppe	21 (6)	22 (9)	23 (8)	24 (7)	25 (10)	26 (8)	27 (6)	28 (9)	29 (7)	30 (10)
Becken Rationsgruppe	31 (8)	32 (6)	33 (10)	34 (7)	35 (9)	36 (7)	37 (6)	38 (8)	39 (9)	40 (10)
Becken Rationsgruppe	41 (11)	42 (14)	43 (13)	44 (12)	45 (15)	46 (13)	47 (11)	48 (14)	49 (12)	50 (15)
Becken Rationsgruppe	51 (13)	52 (11)	53 (15)	54 (12)	55 (14)	56 (12)	57 (11)	58 (13)	59 (14)	60 (15)

In den ersten 4 Wochen verlief der Versuch störungsfrei. Der Gesundheitszustand der Fische konnte als zufriedenstellend bezeichnet werden. Auch das Futter wurde sofort ab Versuchsbeginn akzeptiert, so daß die volle Rationszuteilung von 2 % der Lebendmasse täglich über die gesamte Versuchsdauer gefüttert werden konnte.

Erst ab der 4. Woche traten einige Verluste auf, wobei jedoch keine Abhängigkeit von bestimmten Rationen erkennbar war. Es war lediglich zu konstatieren, daß es sich in allen Todesfällen um besonders kleine Forellen handelte und keine spezifischen Krankheitsanzeichen vorlagen. Allenfalls konnte vor dem Verenden ein zunehmendes Abkippen über die Senkrechte verbunden mit Schrägschwimmen beobachtet werden.

3.3.7.3 Verdauungsversuch

Aus Kapazitätsgründen bei der Rundbeckenanlage mußte - wie schon erwähnt - der Verdauungsversuch in 2 Durchgängen bei nur 2 Wiederholungen erfolgen.

Um genügend Kot für die vorgesehenen Analysen sammeln zu können, sollte die Besatzdichte möglichst hoch gewählt werden. Die zur Verfügung stehende Anzahl der Fische sowie die Kapazität der Rundbecken erlaubten es daher, im ersten Durchgang 6 Becken mit je 6 Forellen eines mittleren Stückgewichts zwischen 141.8 g und 165 g sowie im 2. Durchgang 10 Becken mit je 6 Fischen zwischen 239.4 g und 246.2 g Körpergewicht zu besetzen. Bei 50 l Volumen eines Rundbeckens ergab sich im 1. Durchgang mit 6 Tieren (154.1 g/Becken) im Durchschnitt eine Besatzdichte von 18.5 g/l und im 2. Durchgang mit den 6 Fischen eines mittleren Stückgewichts von 243.3 g eine Besatzdichte von 29.2 g/l. Für diese relativ großen Fische war ein hoher Durchfluß notwendig. Er belief sich im 1. Durchgang auf 66.4 l/h und im 2. Durchgang auf 98.3 l/h. Da die Anlage mit Frischwasser gespeist wurde und zusätzlich durch Aquarienausströmer belüftet wurde, war dadurch für genügend Sauerstoff gesorgt. Die Zuordnung der einzelnen Rationen zu den Rundbecken erfolgte zufällig und ist in den Tabellen 43 und 44 wiedergegeben.

Tab. 43: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
DURCHGANG I

Becken Rationsgruppe	1 (1)	2 (10)	3 (3)
Becken Rationsgruppe	4 (10)	5 (3)	6 (1)

Tab. 44: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
DURCHGANG II

Becken Rationsgruppe	1 (1)	2 (5)	3 (14)
Becken Rationsgruppe	4 (7)	5 (12)	6 (14)
Becken Rationsgruppe	7 (7)	8 (5)	9 (12)
Becken Rationsgruppe	10 (1)	- -	- -

Während der Vor- und Hauptperiode erhielten die Fische ausschließlich das jeweilige Versuchsfutter und zwar dreimal täglich zu denselben Zeiten wie während des Ergänzungsversuches. Das Fütterungsniveau betrug entsprechend der Fischgröße 1.5 % der Lebendmasse.

Jedoch wurde der Kot nur während der Hauptperiode (insgesamt an 15 Tagen) - wie in 3.3.5.4 beschrieben - täglich und pro Becken gesammelt und bei der Aufbereitung pro Ration für eine Analysenprobe vorbereitet.

In beiden Durchgängen wurde das Futter gut aufgenommen. Hinsichtlich des Gesundheitszustandes der Fische ergaben sich keine Probleme.

Obwohl während des 2. Durchganges ein Mortalitätsfall ohne sichtbare Krankheitssymptome und ein weiterer durch Herausspringen aus den Becken auftrat, kann der Verlauf des Verdauungsversuches im wesentlichen als störungsfrei bezeichnet werden.

GLIEDERUNG

4.1 Zusatzversuch (Versuch I A und B)

- 4.1.1 Wachstum und Futterverwertung
- 4.1.2 Körperzusammensetzung
- 4.1.3 Verdaubarkeit von Futter-T und -RP
- 4.1.4 Protein- und Energieansatz

4.2 Ergänzungsversuch (Versuch II)

- 4.2.1 Wachstum und Futterverwertung
- 4.2.2 Körperzusammensetzung
- 4.2.3 Verdaubarkeit von Futter-T und -RP
- 4.2.4 Protein- und Energieansatz

4.1 Zusatzversuch (Versuch I A und B)

4.1.1 Wachstum und Futterverwertung

Zu Versuchsbeginn wogen die Forellensetzlinge beider Versuchsteile (A und B) im Mittel aller 10 Versuchsgruppen 16,8 g. Nach 8 Versuchswochen waren sie auf 25,0 g im Durchschnitt angewachsen. Dabei bestanden aber erhebliche Unterschiede zwischen den Versuchsteilen A und B bzw. zwischen den Proteinquellen Casein-Gelatine und FPC. Während in den Casein-Gelatine-Gruppen im Mittel nur 18,7 g Lebendmasse erreicht wurden, wogen die Forellen der FPC-Gruppen 31,2 g. Dabei ist keine direkte Interaktion zwischen Proteinquelle der Basalration und den Prüffuttermitteln zu erkennen, so daß die beschriebenen Unterschiede, die in gleicher Größenordnung auch in der Futterverwertung auftraten, auf die verschiedenen Proteinquellen beider Basalrationen zurückzuführen sein dürften.

Die absoluten Zunahmen, die in Versuchsteil A gemessen werden konnten, sind demzufolge so gering (Mittel: 1,6 g), daß Effekte der Prüffuttermittel nicht sicher auszumachen sind. Mittlere 14,3 g LMZ in den FPC-Gruppen erlauben hier eine sichere Aussage.

Die 8 Wochen-Daten sind in den Tabellen 45 (Teil A) und 46 (Teil B) zusammengefaßt.

Die beste Leistung wurde in Gruppe (10) (Teil B, 10 g Geflügelmehlzulage zu 90 g FPC-Basale) erreicht (34,2 g LM, α 1,29; 738 g LMZ/kg Futter). Etwa gleiche Werte werden im gleichen Versuchsteil für die Gruppen (7), (8) und (9) (30,7 g LM, α 1,09, 659 g LMZ/kg Futter) mit 5 g Geflügelmehlzulage und 5 oder 10 g Ledermehlzulage gemessen. Auch in Versuchsteil A wurden bei 10 g Geflügelmehlzulage zu 90 g Casein-Gelatine-Basale die besten Werte ermittelt (20,2 g LM, α 0,33, 287 g LMZ/kg Futter). Hier schnitt allerdings die 5 g Geflügelmehl-Gruppe deutlich besser als die beiden Ledermehl-Gruppen (2) und (3) ab. 5 g Ledermehlzusatz zu 90 g Casein-Gelatine Basalration führten im Gegensatz zu allen anderen Zulagen nicht einmal zu einer Anhebung der Gewichtsentwicklung im Vergleich zur proteinärmeren Kontrollgruppe (1).

Die Rangfolge der einzelnen Versuchsgruppen, bezogen auf die jeweilige Kontrollgruppe, allerdings reduziert auf das Kriterium prozentuale Lebendmassezunahme, wird aus den Abb. 12 (Versuchsteil A) und 13 (B) besonders deutlich. Es fällt auf, daß die Protein- (und Energie-)zulage durch 10 g Geflügelmehl zu 90 g FPC-Basale eine höhere Mehrzunahme bewirkt (Abb. 13) als zu 90 g der Casein-Gelatine Basalration (Abb. 12). Dies würde dafür sprechen, daß die geringere Gewichtsentwicklung der Casein-Gruppen im Vergleich zu den FPC-Gruppen nicht durch eine Unausgewogenheit des Casein-Gelatine Aminosäuremusters bedingt ist. Vielmehr dürfte angenommen werden, daß sich in den Casein-Gelatine Rationen ein für Fo-

Tab. 45: VERSUCH I A (CASEIN-GELATINE-BASIS)

8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE)

LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α)

FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (LMZ g/kg)

5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
Gelatine	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro 90g	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40
	90g	95g	100g	95g	100g
LM (g) VB + s	16.7 0.5	16.7 0.5	16.5 0.3	16.7 0.7	16.8 0.5
LM (g) VE + s	17.7 0.7	16.0 0.9	18.1 0.6	19.4 2.1	20.2 1.8
relativ	(100)	(90)	(102)	(110)	(114)
LMZ (g) + s	1.2 0.4	-0.8 0.8	1.6 0.8	2.7 1.4	3.4 1.7
relativ	(100)	-(67)	(133)	(225)	(283)
LMZ (%)	7.2	-4.5	9.7	16.2	20.2
α + s	0.13 0.4	-0.08 0.10	0.17 0.09	0.27 0.13	0.33 0.15
relativ	(100)	(---)	(131)	(208)	(254)
FVZ (g) + s	10.1 0.3	9.6 0.3	11.2 0.8	11.2 0.7	11.6 0.3
relativ	(100)	(95)	(110)	(110)	(115)
FVW (g/kg) + s	121 39	---	143 75	238 115	287 145
relativ	(100)	(---)	(118)	(197)	(237)
Verluste	3	2	3	3	3

Tab. 46: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE)
 LEBENDMASSE (LMZ, WACHSTUMS (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG
 (LMZ (g)/FVZ (kg))
 5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40
pro	90g	95g	100g	95g	100g
LM (g) VB	17.1	16.7	16.9	17.0	16.9
+ s	0.3	0.5	0.4	0.3	0.7
LM (g) VE	29.8	30.7	30.8	30.7	34.2
+ s	0.5	1.8	0.3	0.9	1.4
relativ	(100)	(103)	(103)	(103)	(115)
LMZ (g)	12.7	14.0	13.9	13.7	17.4
+ s	0.3	1.6	0.4	0.7	1.8
relativ	(100)	(110)	(109)	(108)	(137)
LMZ (%)	74.3	83.8	82.2	80.6	103.0
α	1.02	1.11	1.09	1.08	1.29
+ s	0.02	0.09	0.04	0.04	0.12
relativ	(100)	(109)	(107)	(106)	(126)
FVZ (g)	19.9	20.6	21.3	21.2	23.6
+ s	0.9	0.9	0.7	0.8	0.7
relativ	(100)	(104)	(107)	(106)	(119)
FVW (g/kg)	640	678	653	646	738
+ s	35	50	25	13	85
relativ	(100)	(106)	(102)	(101)	(115)
Verluste	1	3	1	1	5

Abb.: 12 Versuch 1A Zusatzversuch
Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: Casein + Gelatine

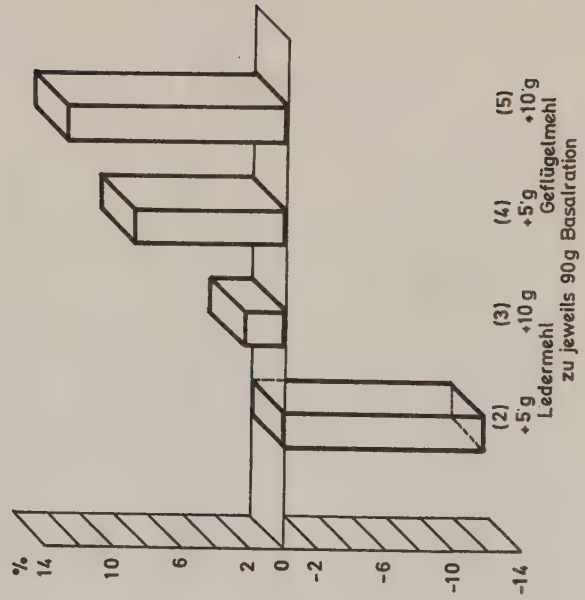
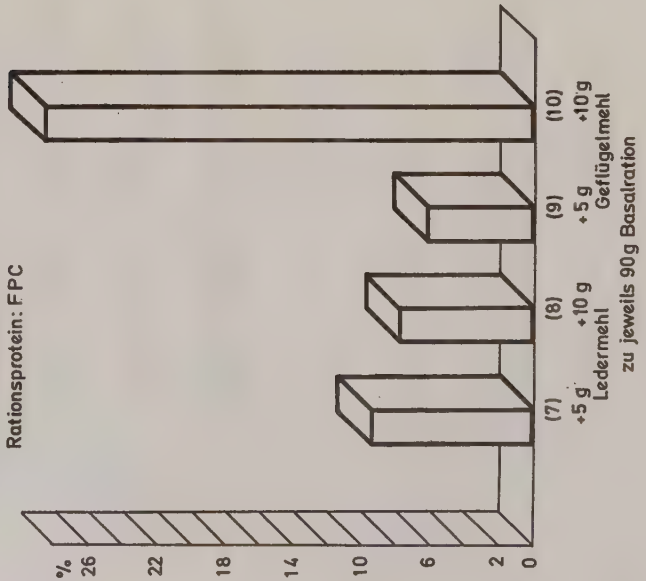


Abb.: 13 Versuch 1B Zusatzversuch
Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: FPC



rellen abträglicher Faktor oder das Fehlen eines für Forellen essentiellen Faktors, der in Geflügelmehl nicht enthalten ist, negativ auswirkt. Die Verluste waren in etwa gleich: 14 Verlusten in den Casein-Gelatine-Gruppen können 11 Abgänge in den FPC-Gruppen gegenübergestellt werden. Eine spezifische Erkrankung dürfte daher als Ursache der beschriebenen Differenzen wohl eher als unwahrscheinlich gelten.

In den Abbildungen 14 (Versuchsteil A) und 15 (B) sind die jeweilige Lebendmassezunahme und die Futteraufnahme der Versuchsgruppen vergleichend dargestellt. Die schlechtere Futterverwertung der Casein-Gelatine-Gruppen läßt sich aus einem Vergleich beider Abbildungen leicht erkennen.

Bei Einhaltung des im Versuchsplan vorgesehenen Futterplans hätten sich in den Gruppen mit 5 g Prüffuttermittelzulage ca. 6 % höhere Verzehrswerte und in den 10 g Zulagegruppen ca. 11 % höhere Verzehrswerte ergeben müssen. Diese Werte werden in den 10 g Geflügelmehlzulagegruppen in beiden Versuchsteilen überschritten (s. Tab. 45 und 46), so daß auf eine leichte Verzehrsdepression in den stark proteindefizitären Kontrollgruppen geschlossen werden muß. Um so mehr fällt aber auf, daß der Futterverzehr der Gruppe mit 5 g Le-dermehl zu 90 g Casein-Gelatine-Basalration noch unter dem Kontrollgruppenwert liegt (Abb. 14). Der Verzehr der anderen Gruppen läßt wenigstens die angestrebte Relation untereinander in etwa erkennen.

In den Tabellen 47 und 48 sind für die beiden Versuchsteile die spezifischen Wachstumsraten der Gruppen nach Wiegeabschnitten getrennt aufgeführt. Während in den FPC-Gruppen (6) - (10) ein kontinuierliches Wachstum zu beobachten war, mußte für die Casein-Gruppen (1) - (5) festgestellt werden, daß sich nur in den beiden ersten Versuchswochen für alle Gruppen eine positive Gewichtsentwicklung ergab. In der 5. und 6. Versuchswoche mußte sogar für alle Gruppen eine negative Gewichtsentwicklung konstatiert werden.

Abb.: 14

Versuch IA Zusatzversuch
Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein: Casein + Gelatine

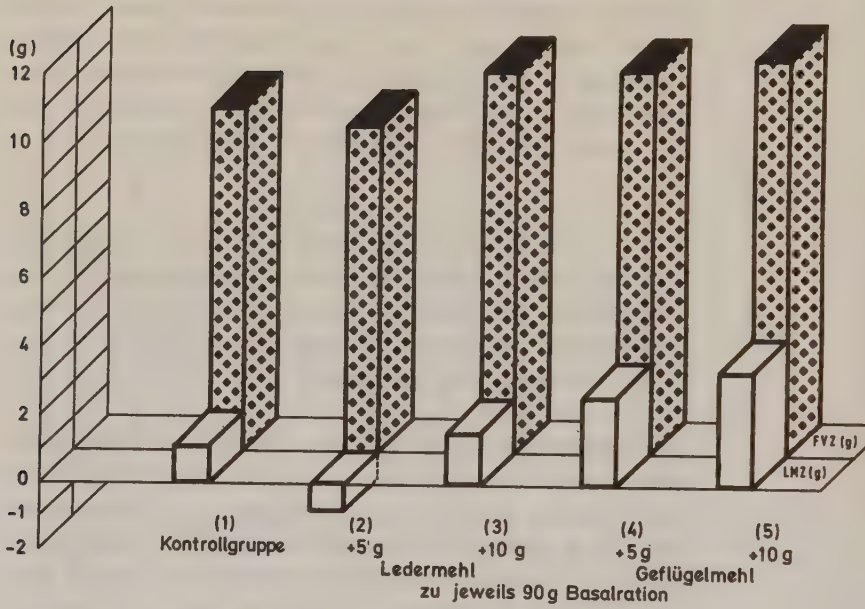
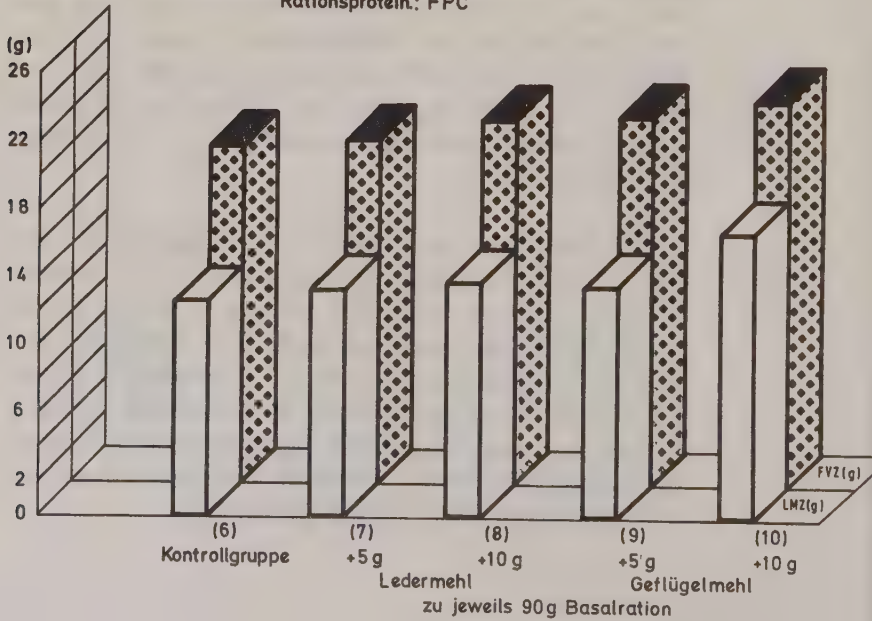


Abb.: 15

Versuch IB Zusatzversuch
Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein: FPC



Tab. 47: VERSUCH I A (CASEIN-GELATINE-BASIS)

SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE α

WÄHREND DER EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTE

5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
Gelatine	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40
pro	90g	95g	100g	95g	100g
1. + 2. Woche	0.49	0.44	0.85	1.07	0.71
+ s	0.31	0.32	0.18	0.13	0.14
relativ	(100)	(90)	(137)	(218)	(145)
3. + 4. Woche	0.26	-0.25	0.56	0.34	1.01
+ s	0.27	0.17	0.32	0.13	0.42
relativ	(100)	(---)	(215)	(130)	(388)
5. + 6. Woche	-0.22	-0.24	-0.25	-0.16	-0.06
+ s	0.35	0.15	0.11	0.38	0.27
7. + 8. Woche	0.02	-0.26	-0.45	-0.11	-0.14
+ s	0.39	0.19	0.09	0.39	0.20

Tab. 48: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE α
 WÄHREND DER EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTE
 5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro	25.00 90g	27.60 95g	30.20 100g	27.80 95g	30.40 100g
1. + 2. Woche + s $\bar{r}_{\text{relativ}}$	1.45 0.19 (100)	1.22 0.61 (84)	1.38 0.25 (95)	1.53 0.14 (106)	1.64 0.29 (113)
3. + 4. Woche + s $\bar{r}_{\text{relativ}}$	1.07 0.17 (100)	1.35 0.37 (126)	1.08 0.13 (101)	1.07 0.09 (100)	1.50 0.13 (140)
5. + 6. Woche + s $\bar{r}_{\text{relativ}}$	1.06 0.16 (100)	1.26 0.16 (119)	1.07 0.10 (101)	1.22 0.22 (115)	1.34 0.53 (126)
7. + 8. Woche + s $\bar{r}_{\text{relativ}}$	0.71 0.11 (100)	0.88 0.06 (124)	1.14 0.21 (161)	0.76 0.10 (107)	1.01 0.38 (142)

Bereits nach 4 Versuchswochen hatte sich in beiden Versuchsteilen etwa die gleiche Rangfolge der Gruppen eingestellt, wie sie bei Versuchsende aufgetreten war und eingangs beschrieben wurde.

4.1.2

Körperzusammensetzung

Von allen Versuchsgruppen wurden bei Versuchsende Stichproben ($n = 10$) gezogen. Die Anfangsstichprobe umfaßte 20 Forellen. Die Abweichungen in der Lebendmasse zwischen den echten Versuchsgruppenendgewichten und der mittleren Lebendmasse der Stichprobenfische sind relativ gering und zufälliger Natur. Die Reihenfolge der Gruppen erfuhr durch die Ziehung der Stichproben keine Änderung, so daß die Stichproben als repräsentativ angenommen werden dürfen.

Die Daten der Körperzusammensetzung finden sich in den Tabellen 49 (Versuchsteil A) und 50 (B). Die zu Versuchsbeginn gezogene Stichprobe (Tab. 50) wies erwartungsgemäß (geringste LM) die niedrigsten Werte für Trockensubstanz- und Energiegehalt auf.

Zwischen den Versuchsteilen traten wieder erhebliche Unterschiede auf. So lag der Trockensubstanzgehalt der Casein-Gelatine-Gruppen bei 20,8 % im Mittel, für die fünf FPC-Gruppen ergaben sich dagegen 23,1 %. Diesem Unterschied entsprechen auch die verschiedenen Werte für den Energiegehalt der Trockensubstanz. 22,2 kJ/g T in den Casein-Gelatine-Gruppen können 24,9 kJ in den FPC-Gruppen gegenübergestellt werden. Damit zeigt sich auch in diesen Untersuchungen, daß höhere Endgewichte (im gleichen Versuchszeitraum) mit einer stärkeren Fetteinlagerung einhergehen, die ihrerseits zu angehobenen T-Konzentrationen führt (WEATHERLEY und GILL 1985; GROPP 1985). Asche- und Rohproteingehalt der Trockensubstanz weisen eine gegenläufige Tendenz zur Energiedichte auf (71,1 % RP und 13,7 % Asche in den Casein-Gelatine-Gruppen, 61,6 % RP und 9,8 % Asche in der T der FPC-Gruppen).

Tab. 49: VERSUCH I A (CASEIN-GELATINE-BASIS)
KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBENFISCHE

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	VB
Casein	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	---
Gelatine	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	---
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00	---
RP gesamt (g)	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40	---
pro	90g	95g	100g	95g	100g	---
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	19.4	16.9	17.7	20.3	21.2	15.9
+ s	2.9	3.1	2.7	7.0	2.6	3.9
$\bar{r}_{\text{relativ}}$	(100)	(87)	(91)	(105)	(109)	(---)
TS (%)	20.0	20.4	20.7	21.3	21.4	19.2
+ s	1.4	1.5	1.1	1.1	1.1	2.8
$\bar{r}_{\text{relativ}}$	(100)	(102)	(104)	(107)	(107)	(---)
RP (% d. TS)	71.1	71.1	72.7	70.6	70.2	70.5
+ s	2.7	3.3	3.0	3.6	3.7	2.6
$\bar{r}_{\text{relativ}}$	(100)	(100)	(102)	(99)	(99)	(---)
Energie (KJ/g TS)	21.4	21.7	22.2	22.7	22.8	21.1
+ s	1.0	1.0	1.0	0.6	1.1	0.8
$\bar{r}_{\text{relativ}}$	(100)	(101)	(104)	(106)	(107)	(---)
Rohasche (% d. TS)	14.4	13.5	13.6	13.7	13.5	14.0
+ s	1.5	0.9	0.8	1.1	1.2	0.9
$\bar{r}_{\text{relativ}}$	(100)	(94)	(94)	(95)	(94)	(---)

Tab. 50: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBENFISCHE

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	VB
FPC	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40	---
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00	---
RP gesamt (g)	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40	---
pro	90g	95g	100g	95g	100g	---
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	28.9	29.5	30.4	31.3	33.4	15.9
+ s	4.3	5.2	7.7	6.1	6.9	3.9
relativ	(100)	(102)	(105)	(108)	(116)	(---)
TS (%)	22.5	23.2	23.5	22.9	23.2	19.2
+ s	1.8	1.6	1.4	0.7	1.7	2.8
relativ	(100)	(103)	(104)	(102)	(103)	(---)
RP (% d. TS)	62.3	61.3	60.5	63.6	60.4	70.5
+ s	6.6	5.8	4.4	3.4	4.2	2.6
relativ	(100)	(98)	(97)	(102)	(97)	(---)
Energie (KJ/g TS)	24.6	25.0	25.3	24.7	25.1	21.1
+ s	1.5	0.9	0.7	0.6	0.8	0.8
relativ	(100)	(102)	(103)	(100)	(102)	(---)
Rohasche (%)	10.6	9.0	9.0	10.3	10.1	14.0
+ s	1.0	0.3	0.6	0.6	0.9	0.9
relativ	(100)	(85)	(85)	(97)	(95)	(---)

Die relativen Änderungen der Körperzusammensetzung gegenüber der jeweiligen Kontrollgruppe lassen sich aus den Abbildungen 16 und 17 ersehen.

Eine Ledermehlzulage von 5 g/90 g Basalration veränderte die Körperzusammensetzung in beiden Versuchsteilen kaum. 10 g Ledermehlzusatz bewirkte eine erkennbare Zunahme der T-Gehalte (4 % im Vergleich zu beiden Basalrationen) und der Energiedichte (4 bzw. 3 % im Vergleich zur Casein-Gelatine- bzw. FPC-Ration). Derselbe Zusatz bewirkte in der FPC-Gruppe eine Abnahme des RP-Gehaltes der T von 62,3 (Kontrollgruppe) auf 60,5 %, in der Casein-Gelatine-Gruppe war auch der RP-Gehalt leicht erhöht (von 71,1 auf 72,7 %).

Entsprechend den stärkeren Wachstumseffekten einer Geflügelmehlzulage zur Casein-Gelatine-Basale waren auch hier die Veränderungen der Körperzusammensetzung ausgeprägter. So stieg der T-Gehalt um 7 % (von 20 auf 21,3 bzw. 21,4 % für 5 bzw. 10 g Zulage), der Energiegehalt um 6 bzw. 7 % (von 21,4 auf 22,7 bzw. 22,8 kJ/g Fisch-T) an. Der RP-Gehalt verharrte etwa auf Kontrollgruppenniveau. In den FPC-Gruppen waren die Unterschiede der Geflügelgruppen zur Kontrollgruppe klein. Dies hängt wahrscheinlich mit der hier ohnehin höheren Wachstumsrate bzw. der stärkeren Verfettung gegenüber den Casein-Gelatine-Gruppen zusammen.

4.1.3

Verdaubarkeit

Die Verdaubarkeit der Futter-Trockensubstanz und des Rohproteins wurde mit Hilfe der Chromoxid-Indikatormethode bestimmt. Die nach 1, 3 und 5 Versuchswochen gesammelten Kotproben reichten nur zur Bestimmung der Trockensubstanz aus; allein nach 7 Wochen war die Kotmenge groß genug, um auch den Rohproteingehalt in allen Proben bestimmen zu können.

Abb.:16 Versuch 1A Zusatzversuch

Prozentuelle Änderung der Körperzusammensetzung (TS,RP, Energie)
im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: Casein+Gelatine

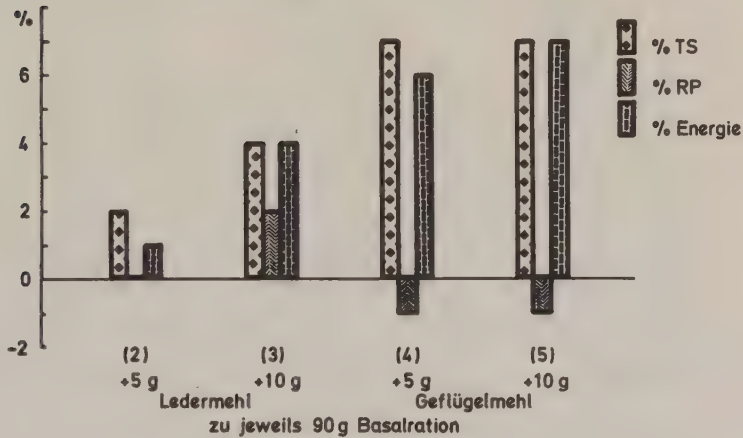
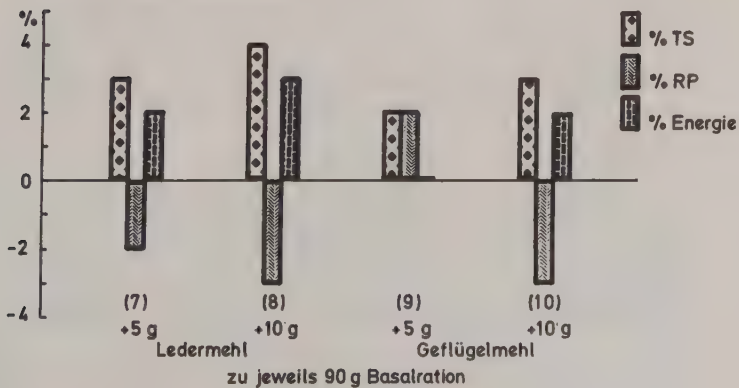


Abb.:17 Versuch 1B Zusatzversuch

Prozentuelle Änderung der Körperzusammensetzung (TS,RP, Energie)
im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: FPC



Die Abbildungen 18 und 19 zeigen die T-Verdaulichkeitswerte der Geflügel- und Ledermehlrationen im Vergleich zur Casein-Gelatine-Kontrollgruppe, die Abbildungen 21 und 22 im Vergleich zur FPC-Kontrollgruppe. In den Abbildungen 20 und 23 sind die 7 Wochen-Werte der Versuchsteile A bzw. B gegenüber gestellt. Über die genauen Zahlenwerte nach 7 Wochen informieren die Anhangstabellen A 1 (Casein-Gelatine-Basale) und A 2 (FPC-Basale).

Hinsichtlich der Verdaubarkeit der Trockensubstanz bestanden zwischen den unterschiedlichen Basalrationsgruppen (Versuchsteile A und B) nach 7 Versuchswochen kaum Unterschiede; 74,5 % T-Verdaulichkeit für die Casein-Gelatine-Gruppen sind fast numerisch gleich mit 74,9 % als Mittel der FPC-Gruppen. Die RP-Verdaubarkeit liegt deutlich höher, da die Mineralstoff-Ausscheidung über den Kot und die relativ schlechte Absorption der Kohlenhydrate die T-Verdaulichkeit negativ beeinflusst. Der scheinbare Verdauungskoeffizient (V) für Rohprotein lag in den FPC-Gruppen bei 92,1 %, in den Casein-Gelatine-Gruppen ergeben sich dagegen nur 86,8 %. Dieser Unterschied in der Versorgung mit verdaulichem Protein zwischen den Basalrationsgruppen dürfte jedoch nicht ausreichen, die beobachteten Wachstumsunterschiede völlig zu erklären.

Der T-V der Casein-Gelatine-Kontrollration (1) bewegte sich während des Versuchsverlaufs zwischen 70 und 79 %, die jeweils höchsten Werte wurden dabei unmittelbar nach Versuchsbeginn und vor Versuchsende gemessen (Abb. 18). Die korrespondierenden Werte der FPC-Kontrollration (6) lagen zwischen 75 und 79 % und wiesen keine zuordenbaren Unterschiede während des Versuchs auf (Abb. 21).

Abb. 20 läßt erkennen, daß gegen Versuchsende der T-V in der Kontrollgruppe (1) und der 10 g Geflügelmehl-Zusatz-Gruppe 5 am höchsten war (76 bzw. 79 %). Die 3 anderen Versuchsgruppen lagen auf etwa gleichem Niveau (72 - 73 %). Die RP-Ver-

Abb.:18

Versuch 1A

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz (%) während des Versuchs

Rationsprotein : Casein + Gelatine

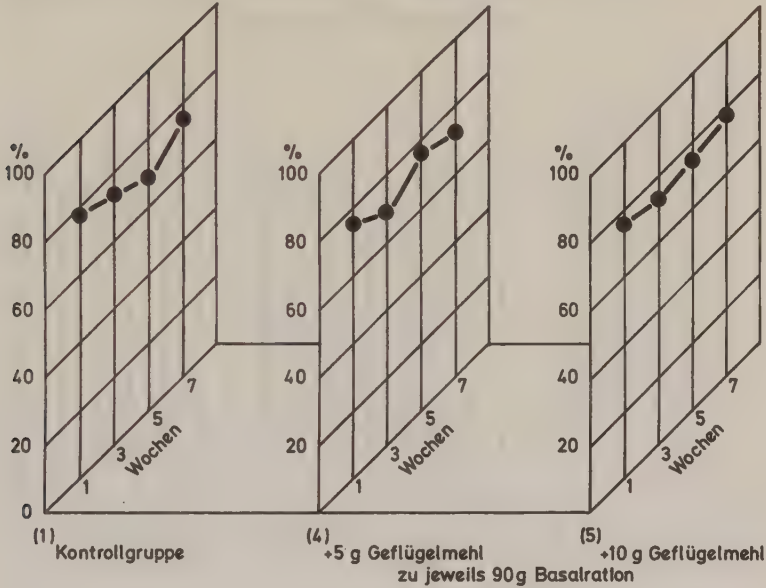


Abb.:19

Versuch 1A

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz (%) während des Versuchs

Rationsprotein : Casein + Gelatine

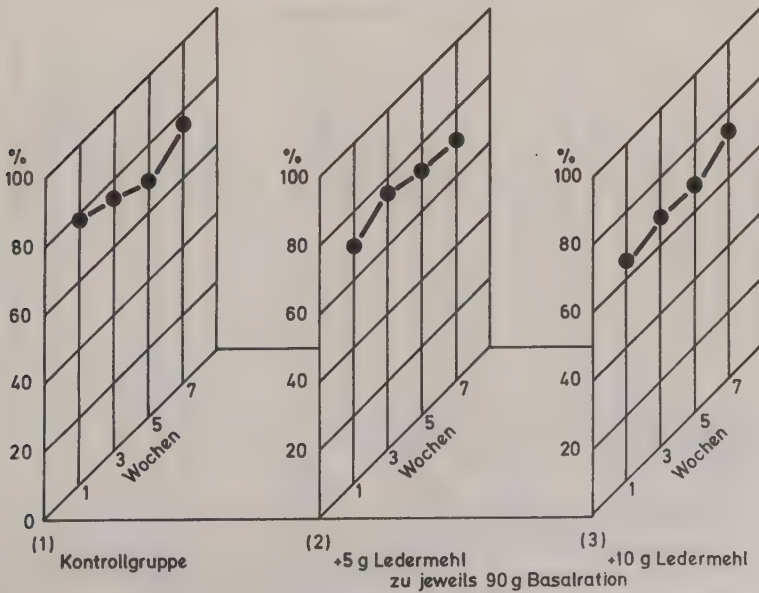


Abb.:20

Versuch IA

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz(%) bei Versuchsende
Rationsprotein: Casein + Gelatine

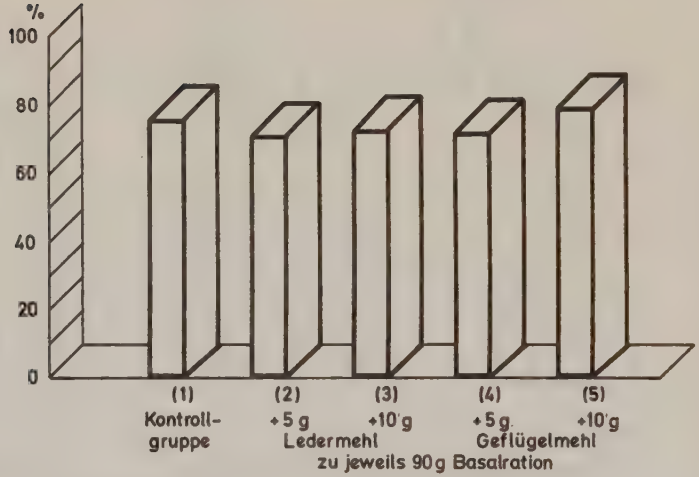


Abb.: 21

Versuch IB

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz(%) während des Versuchs
Rationsprotein: FPC

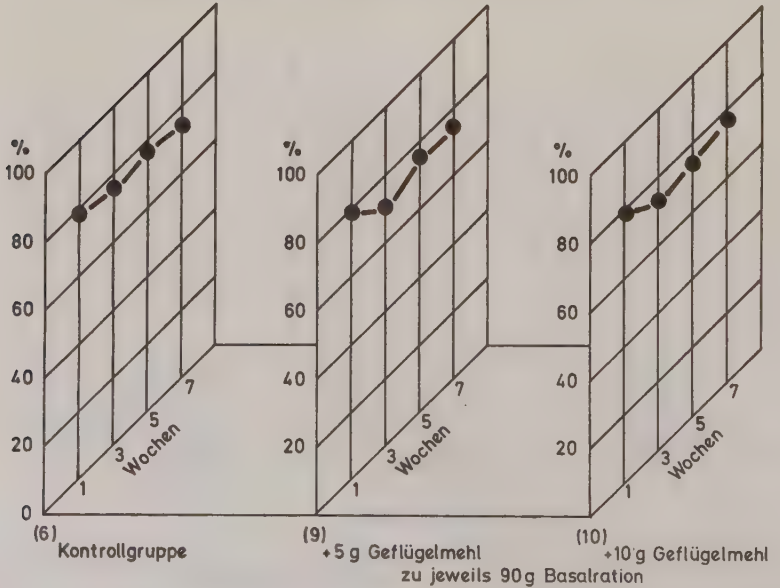


Abb.: 22

Versuch IB

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz(%) während des Versuchs
Rationsprotein: FPC

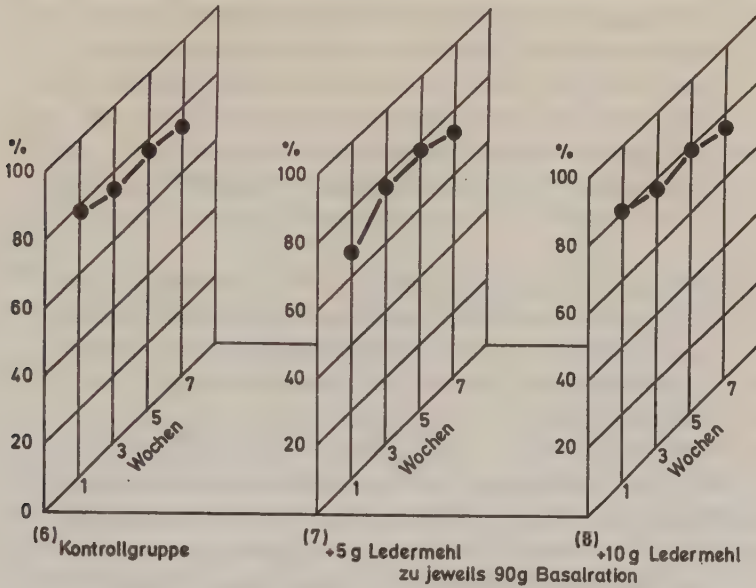
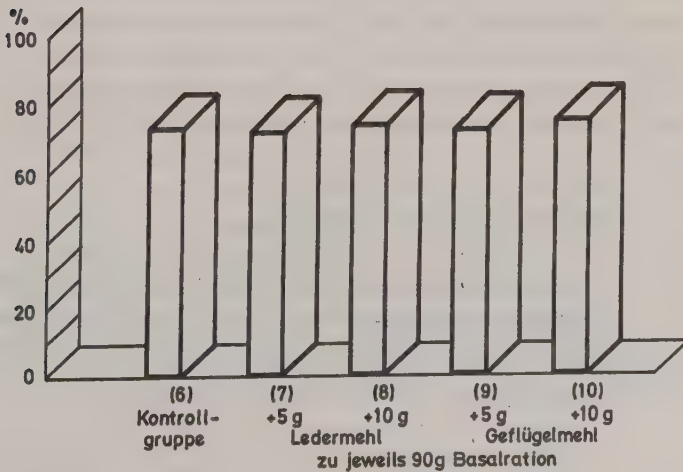


Abb.: 23

Versuch IB

Zusatzversuch

Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz(%) bei Versuchsende
Rationsprotein: FPC



daulichkeit zeigt hingegen ein anderes Bild: hier bewegen sich die Werte aller Gruppen zwischen 86 und 88 % (Tab. A 1). Innerhalb der FPC-Gruppen ist der Eindruck ähnlich: RP-V-Werte zwischen 91 und 93 % lassen keinen gerichteten Einfluß eines Prüffuttermittels erkennen (Tab. A 2). Auch der T-V zeigt hier kaum Differenzen zwischen den Gruppen (Abb. 23), wenn man von 77 % in der 10 g Geflügelmehlzusatzgruppe absieht (Mittel der anderen Gruppen: 74,4 %).

Die TS-Verdaubarkeit der Geflügelmehl-Zusatz-Rationen (Abb. 18) wies mit zunehmender Versuchsdauer eine leicht steigende Tendenz für die Casein-Gelatine-Rationen auf; innerhalb der FPC-Rationen (Abb. 21) ist eine derartige Tendenz nicht zu erkennen.

Die T der Ledermehl-Rationen als Zusatz zur Casein-Gelatine-Basale ist offensichtlich schlechter verdaulich als die Basalration selbst und auch die Geflügelmehlrationen, zieht man den entsprechenden Wert während des Versuchsverlaufs (Abb. 19) zur Beurteilung heran. Außerdem entsteht der Eindruck, als ob steigende Ledermehlzusätze zu einer zunehmenden Verdaulichkeitsdepression führen. Dies gilt zumindest für die ersten 6 Versuchswochen.

Für einen Ledermehlzusatz zu FPC-Rationen (Abb. 29) kann diese Beurteilung nicht aufrecht erhalten werden. Unterschiede zur FPC-Basalration (6), zwischen 5 und 10 g Ledermehlzusatz (Rationen (7) und (8)) wie auch zwischen den Probennahmeterminen sind kaum ausgeprägt.

4.1.4

Protein- und Energieansatz

Geht man davon aus, daß die Probenfische trotz geringfügiger Abweichung im Stückgewicht von den tatsächlichen Gruppengewichten in ihrer Körperzusammensetzung für die jeweiligen

Gruppen repräsentativ sind, läßt sich aus den unterschiedlichen Protein- und Energiemengen zu Versuchsende und -beginn durch Differenzbildung der Protein- und Energieansatz ermitteln.

Die Meßergebnisse sowie die entsprechenden Verwertungsparameter sind in den Tabellen 51 (Versuchsteil A) und 52 (Versuchsteil B) wiedergegeben.

Die bereits aus den Wachstumsdaten gezogenen Schlußfolgerungen wurden in vollem Umfang bestätigt. Der Proteinansatz der Casein-Gelatine-Gruppen (Tab. 51) betrug im Mittel aller 5 Versuchsgruppen etwa 0,5 g Fisch in 56 Versuchstagen. In den FPC-Gruppen wurden dagegen ca. 2,2 g/Fisch retiniert (Tab. 52). Entsprechend besser war auch der Produktive-Protein-Wert in den FPC-Gruppen, verglichen mit den Casein-Gelatine-Gruppen, und zwar unabhängig davon, ob als Basis der PPW-Berechnung die Bruttozufuhr an Protein oder nur die Aufnahme verdaulichen Proteins diene.

Der Energieansatz der Casein-Gelatine-Gruppe lag im Mittel bei ca. 17 kJ/Fisch (Tab. 51), der korrespondierende Wert der FPC-Gruppen (Tab. 52) ergab sich mit ca. 111 kJ/Fisch. Damit war in den FPC-Gruppen der Energieansatz um den Faktor 6,5 höher als in den Casein-Gelatine-Rationen, der entsprechende Rohprotein-Faktor betrug nur 4,4. Der Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie für den Ansatz wurde für die Casein-Gelatine-Rationen mit nur 7,4 % ermittelt, für die FPC-Rationen dagegen mit 24,7 %. Alle diese Werte unterstreichen die Überlegenheit der FPC-Testration über die Casein-Gelatine-Diät. Die zusätzliche Verfütterung von Geflügelmehl bewirkte in allen Rationsgruppen einen Anstieg der Protein-Retention und des Energieansatzes, wobei sich auch die Steigerung des Geflügelmehlzusatzes in einer Erhöhung der Parameter schön widerspiegelt. Die Verwertungskennziffern des Proteins (PPW) und der Energie (K_{tot}) zeigen dagegen zwischen den jeweils 2 Geflügelmehlgruppen kaum Unterschiede auf.

Tab. 51: VERSUCH I A (CASEIN-GELATINE-BASIS)
**RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW),
ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})**

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
Gelatine	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro	25.00 90g	27.60 95g	30.20 100g	27.80 95g	30.40 100g
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	0.26 (100)	*)	0.49 (188)	0.66 (254)	0.77 (296)
PER relativ	0.49 (100)	*)	0.51 (104)	0.95 (194)	0.99 (202)
PPW relativ	10.89 (100)	*)	15.7 (144)	23.4 (215)	22.3 (205)
PPW _{verd.} relativ	12.5 (100)	*)	---	26.8 (214)	26.1 (209)
Energieansatz (KJ/Fisch) relativ	8.1 (100)	*)	16.3 (201)	26.2 (323)	30.5 (377)
K_{tot} relativ	3.9 (100)	*)	7.2 (185)	11.5 (295)	12.8 (328)

*) wegen Gewichtsverlust nicht berechnet

Tab. 52: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
 RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)
 ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.40	31.40	31.40	31.40	31.40
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	25.00	27.60	30.20	27.80	30.40
pro	90g	95g	100g	95g	100g
RP-Ansatz (g/Fisch)	1.87	2.11	2.09	2.18	2.51
relativ	(100)	(113)	(112)	(117)	(134)
PER	2.43	2.33	2.03	2.15	2.28
relativ	(100)	(96)	(84)	(90)	(94)
PPW	35.7	35.1	30.6	34.1	32.9
relativ	(100)	(98)	(86)	(98)	(92)
PPW _{verd.}	38.8	38.5	33.3	36.9	35.5
relativ	(100)	(99)	(86)	(95)	(91)
Energieansatz (KJ/Fisch)	95.7	110.4	114.7	104.8	130.7
relativ	(100)	(115)	(120)	(110)	(137)
K_{tot}	22.8	25.4	25.5	23.5	26.3
relativ	(100)	(111)	(112)	(103)	(115)

Ein Ledermehl-Zusatz führte ebenfalls zu einer Erhöhung des Protein- und Energieansatzes (mit Ausnahme von Gruppe (2) in Versuchsteil A), der allerdings nicht das Ausmaß wie in den Geflügelmehl-Rationen erreichte.

4.2 **Ergänzungsversuch (Versuch II)**

Im Ergänzungsversuch wurden neben den bisher im Zusatzversuch schon geprüften Futtermitteln Geflügelmehl und Ledermehl auch Mikroalgen und Panseninhalt untersucht. Alle Futtermittel wurden protein-äquivalent sowohl gegen FPC als auch gegen das Sojaproteinkonzentrat Danpro ausgetauscht.

4.2.1 **Wachstum und Futterverwertung**

Über die 8 Wochen-Endergebnisse unterrichtet Tab. 53.

Bei einem mittleren Stückgewicht von 23,2 g zu Versuchsbeginn lag die spezifische Wachstumsrate durchwegs über 1 %. Das niedrigste Stückgewicht bei Versuchsende betrug 43,0 g (Gruppe (13), Tab. 53 b), das höchste 50,0 g (Gruppe (3), Tab. 53 a), die Kontrollgruppe (1) lag bei 47,2 g. Innerhalb des Streubereichs der Kontrollgruppe ($47,2 \pm 2,3$ g) waren 9 Gruppenmittelwerte zu finden, 4 unterschritten diesen Bereich und 1 Wert lag darüber. Diese 4 "schlechten" Gruppen wiesen auch eine Futterverwertung unterhalb des Streubereichs der Kontrollgruppe auf (784 ± 59 g LMZ/kg Futterverzehr). Insofern dürfen wahrscheinlich 9 - 10 Versuchsgruppen als verhältnismäßig gleich zur Kontrollgruppe angesehen werden.

In 3 von 4 Algenmehl-Gruppen wurde der Streubereich der Kontrollgruppe sowohl bezüglich LM bei Versuchsende und Futterverwertung nicht erreicht. Allein der Austausch von 15 % des

Tab. 53a:

VERSUCH II ERGÄNZUNGSVERSUCH
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE),
 LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ) UND
 FUTTERVERWERTUNG (LMZ (G) / FVZ (KG))
 10 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Geflügelmehl (%)	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	---	6.38	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40	40
LM (g) VB	23.0	23.0	23.1	23.1	23.2	23.0	23.2	23.0
+ s	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7
LM (g) VE	47.2	45.7	50.0	43.6	46.5	44.8	43.3	48.3
+ s	2.3	1.2	1.9	1.6	0.8	3.1	3.1	2.6
relativ	(100)	(97)	(106)	(92)	(99)	(95)	(92)	(102)
LMZ (g)	24.2	22.7	26.9	20.5	23.5	21.8	20.1	25.3
+ s	2.0	1.0	2.1	1.2	0.4	3.1	2.8	2.2
relativ	(100)	(94)	(111)	(85)	(97)	(90)	(83)	(105)
LMZ (%)	105.2	98.7	116.5	88.7	101.3	94.8	86.6	110.0
α	1.32	1.26	1.42	1.16	1.29	1.22	1.14	1.36
+ s	0.07	0.03	0.09	0.04	0.01	0.13	0.11	0.07
relativ	(100)	(95)	(108)	(88)	(98)	(92)	(86)	(103)
FVZ (g)	30.9	31.0	32.3	29.9	31.3	31.2	30.2	31.0
+ s	0.6	0.8	0.5	0.8	0.6	1.5	2.2	1.6
relativ	(100)	(100)	(105)	(97)	(101)	(101)	(98)	(100)
FVW (g/kg)	784	723	835	685	753	699	664	817
+ s	59	33	56	30	12	84	72	64
relativ	(100)	(92)	(107)	(87)	(96)	(89)	(85)	(104)
Verluste (n)	4	10	4	3	8	9	11	4

Tab. 53b:

VERSUCH II ERGÄNZUNGSVERSUCH
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE),
 LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ) UND
 FUTTERVERWERTUNG (LMZ (G) / FVZ (KG))
 10 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.99
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0.01
Geflügelmehl (%)	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	10.01
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
LM (g) VB	23.0	23.3	23.1	23.1	23.6	23.4	23.1
+ s	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.7	0.4
LM (g) VE	46.6	48.2	46.1	45.6	43.0	48.3	48.1
+ s	1.6	3.7	2.3	2.5	2.0	2.5	2.4
relativ	(99)	(102)	(98)	(97)	(91)	(102)	(102)
LMZ (g)	23.6	24.9	23.0	22.4	19.4	24.9	25.1
+ s	1.8	3.5	2.2	2.3	2.1	2.5	2.4
relativ	(98)	(103)	(95)	(93)	(80)	(103)	(104)
LMZ (%)	102.6	106.9	99.6	96.6	82.2	106.4	108.1
α	1.30	1.33	1.27	1.24	1.09	1.32	1.35
+ s	0.08	0.12	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07
relativ	(98)	(101)	(96)	(94)	(83)	(100)	(102)
FVZ (g)	31.2	31.5	30.5	30.1	29.9	31.3	30.5
+ s	1.0	0.8	0.8	1.1	1.7	0.6	0.7
relativ	(101)	(102)	(99)	(97)	(97)	(101)	(99)
FWW (g/kg)	757	793	755	746	652	793	822
+ s	41	125	69	57	101	66	60
relativ	(97)	(101)	(96)	(95)	(83)	(101)	(105)
Verluste (n)	7	9	7	1	5	5	3

Rationsproteins (6 % Rationsprotein absolut) aus Danpro gegen Algenmehl führte zu Leistungen, die der Kontrollgruppe direkt vergleichbar sind.

Gute Ergebnisse wurden mit Geflügelmehl erzielt. Die absolut höchsten Werte (LM 50,0 g, α 1,42; FVW: 835 g LMZ/kg Futter) wurden in der Gruppe gemessen, in der 8 % FPC-Protein (absolut) gegen eine gleiche Menge Geflügelmehlprotein ausgetauscht worden war (Kontrolle: LM 47,2 g; α 1,32; FVW: 784 g/kg). Im Mittel der beiden Geflügelmehl-Gruppen mit Austausch gegen FPC (Danpro) ließ sich eine LM von 47,9 g (47,4 g), eine spezifische Wachstumsrate von 1,34 (1,32) sowie eine Futterverwertung von 779 (775) g LMZ/kg Futter errechnen. Damit kann Geflügelmehl im Rahmen der vorgenommenen Austauschrate als vollwertiges Nahrungsprotein für Forellen sowohl im Vergleich zu FPC als auch gegen Danpro bezeichnet werden.

Ledermehl schnitt dagegen etwas ungünstiger ab. Die korrespondierenden Mittelwerte beider Ledermehl-Gruppen im Austausch gegen FPC (Danpro) unterschritten mit einer LM von 45,1 g (45,9 g), einer spezifischen Wachstumsrate von 1,23 (1,30) und einer Futterverwertung von 719 (751) g LMZ/kg Futter die korrespondierenden Kontrollgruppenwerte um 4,6 (2,9), 7,2 (1,5) bzw. 8,3 (4,3) %.

Überraschend gute Werte wurden erhalten, wenn 10 % Panseninhalt zu Lasten proteinäquivalenter FPC- bzw. Danpro-Mengen und von Maisquellstärke eingesetzt wurde. Im Mittel beider 10 % Panseninhalt-Gruppen wurde ein 8 Wochen-Stückgewicht von 48,3 g erreicht (+ 2,3 % gegenüber der Kontrollgruppe), eine spezifische Wachstumsrate von 1,36 (+ 3,0 %) und eine Futterverwertung von 820 g LMZ/kg Futter (+ 4,5 %). Wahrscheinlich ist dieser Effekt nicht auf den geringen (3,3 % des Rationsproteins: 1,3 % von 40 %) Proteinaustausch zurückzuführen, sondern hat andere Gründe. Möglicherweise ist

der Struktur-Gewinn, den eine Ration des geschilderten Typs durch Panseninhalt erfährt, Ursache für eine veränderte Dampassage und damit eine verbesserte Nährstoffausnutzung.

In den Abb. 24 - 27 ist die Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) nach Wiegeabschnitten kumulativ dargestellt. Die spezifischen Wachstumsraten für die 2 Wochen-Intervalle zwischen den Wiegeterminen finden sich im Anhang (Tab. A 3 und A 4).

Abb. 24 orientiert über den Wachstumsverlauf bei Austausch von 10 bzw. 20 % des Rationsproteins durch Geflügelmehl. In Abb. 24 wird die Gleichwertigkeit von Geflügelmehl zu den ausgetauschten Proteinquellen grafisch eindrucksvoll dargestellt. Es zeigt sich auch, daß hohe und höhere Endgewichte nicht die Folge einer nach einer gewissen Anpassungszeit plötzlich anziehenden Wachstumsrate, sondern daß sie Folge eines kontinuierlich guten Wachstums sind.

Abb. 25 vermittelt den entsprechenden Eindruck der Ledermehl-Gruppen. Hier könnte vielleicht auf einen gewissen Adaptationseffekt geschlossen werden, da bis zur 4. Versuchswoche die LMZ noch erkennbar unter dem Kontrollgruppenwert liegt.

Aus Abb. 26 wird deutlich, daß der Ersatz von 4 und 6 % FPC-Protein durch Mikroalgen zu kontinuierlich geringeren Wachstumsraten führt. Allein 6 % Sojaprotein ließen sich mit günstigen Auswirkungen durch 10,24 % Algenpulver im Futter ersetzen. Die Nährstoffzusammensetzung der verwandten Algen bietet keinen Ansatzpunkt für eine Erklärung des beobachteten Effekts.

Abb. 27 unterstreicht noch einmal die günstigen Auswirkungen eines 10 %igen Zusatzes von Panseninhalt zur Kontrollration. Bis zur 4. Versuchswoche waren die prozentualen LMZ-Werte

Abb.: 24

Versuch II

Ergänzungsversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs

Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro

Austausch durch Geflügelermehl

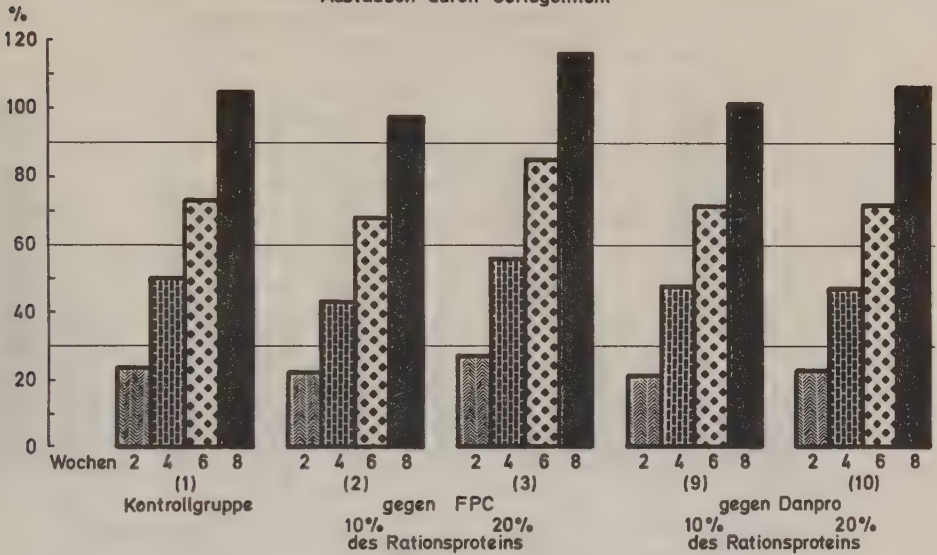


Abb.: 25

Versuch II

Ergänzungsversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs

Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro

Austausch durch Lederermehl

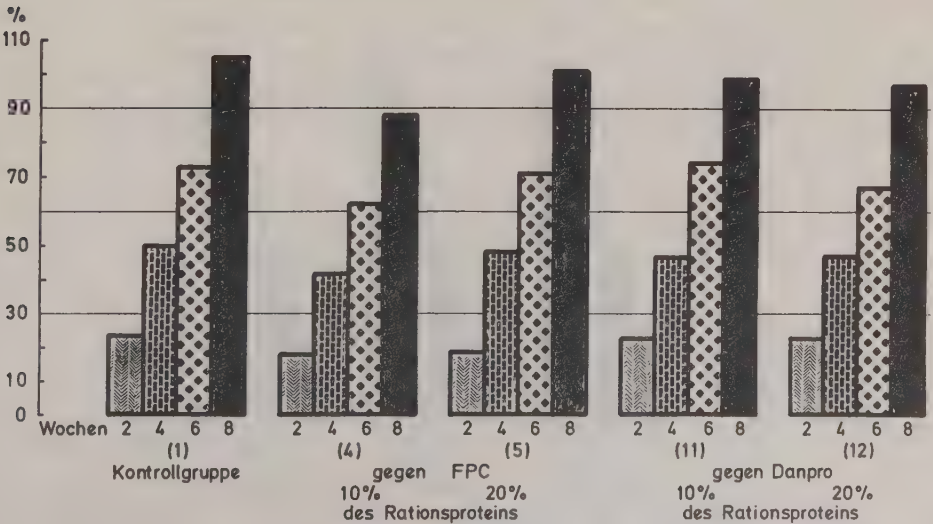


Abb.: 26

Versuch II

Ergänzungsversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs
 Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
 Austausch durch Algenmehl

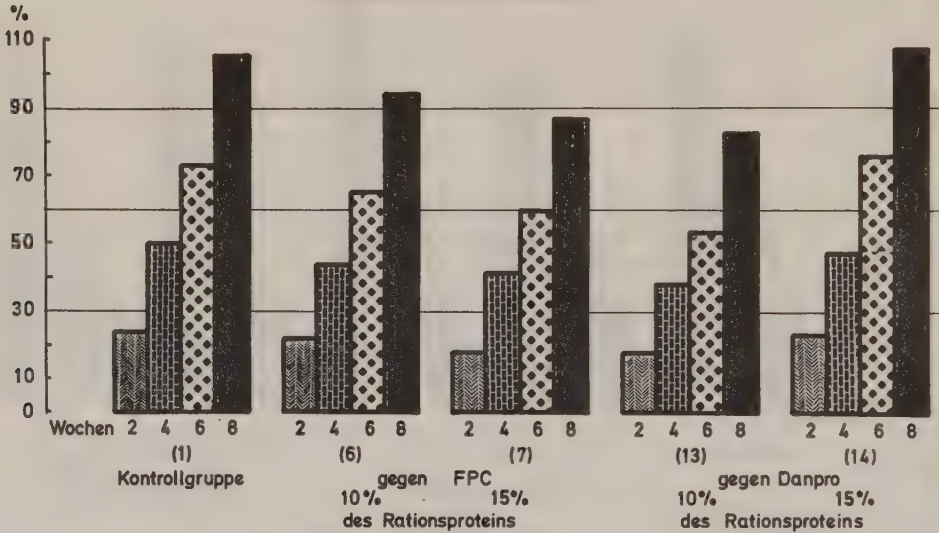
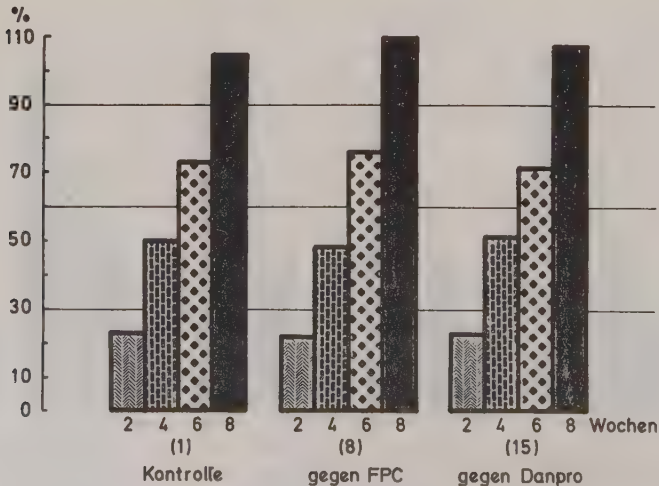


Abb.: 27

Versuch II

Ergänzungsversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM zu Versuchsbeginn) während des Versuchs
 Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
 Austausch durch 10% Panseninhalt



allerdings noch gleich, erst danach beginnen sie, die Kontrollgruppenwerte zu übersteigen.

In den Abb. 28 bis 31 ist die Differenz der prozentualen LMZ (bezogen auf die LM zu Versuchsbeginn) der Versuchsgruppen zur Kontrollgruppe grafisch dargestellt. Vergleicht man Abb. 28 (Geflügelmehl) mit Abb. 29 (Ledermehl), so wird noch einmal deutlich, warum Ledermehl bisher eine schlechtere Bewertung als Geflügelmehl erfahren hat. Abb. 30 (Algenmehl) läßt erkennen, daß die verminderten Wachstumsraten von 3 Algengruppen die brauchbaren Ergebnisse der vierten Algengruppe wohl nicht ausgleichen können. Wenn die Wirkung von Panseninhalt tatsächlich auf eine Strukturverbesserung der Kontrollration zurückzuführen ist, wäre ein höherer Effekt bei Austausch gegen FPC als gegen Danpro zu erwarten. Dies ist tatsächlich der Fall (Abb. 31).

Abb. 32-35 vermitteln einen Eindruck von den Größen LMZ und Futterverzehr, welche die Futterverwertung bestimmen. Je kleiner der Abstand zwischen den Säulen der LMZ (in g) und den dunkleren Säulen, welche den Futterverzehr (in g) darstellen, ausfällt, um so besser ist die Futterverwertung.

Die etwas überraschend das Kontrollgruppenwachstum übersteigende Lebendzunahme der 20 % Proteinaustausch-Geflügelmehl-Gruppe (3) läßt sich aus Abb. 32 als Folge eines höheren Futterverzehrs interpretieren. Daraus kann andererseits auch geschlossen werden, daß ein Geflügelmehleinsatz in Forellenrationen zu keinerlei Akzeptanzproblemen führt.

Der Futterverzehr der Ledermehl-Gruppen ist dagegen etwa gleich zur Kontrollgruppe, ohne daß die Zunahmewerte der Kontrolle völlig erreicht werden (Abb. 33).

Hinsichtlich der Algengruppen bestätigt Abb. 34 die bisherigen Aussagen. Die günstige Wirkung von 10 % Panseninhalt war keine Auswirkung eines etwaigen Futtermehrverzehrs (Abb.35).

Abb.: 29

Versuch II Ergänzungsversuch

Prozentuelle Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)

Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch Ledermehl

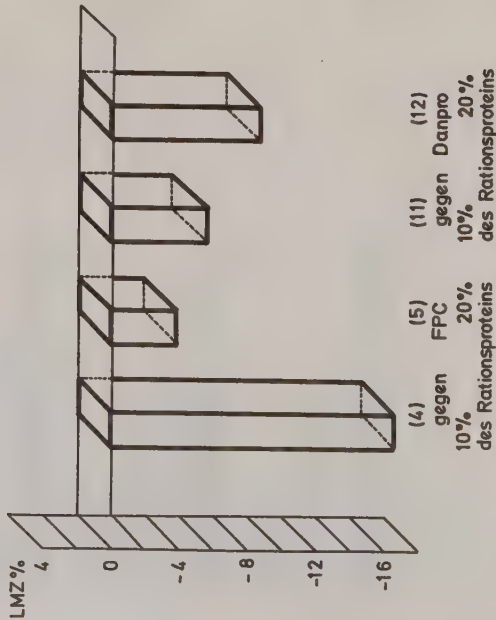


Abb.: 28

Versuch II Ergänzungsversuch

Prozentuelle Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)

Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch Geflügelmehl

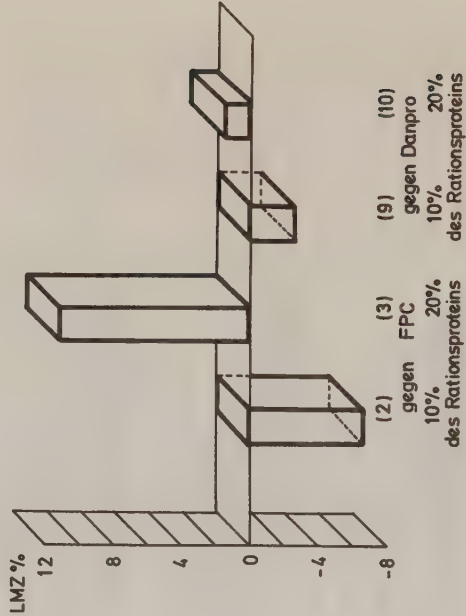


Abb.:30 Versuch II Ergänzungsversuch
Prozentuelle Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch Algenmehl

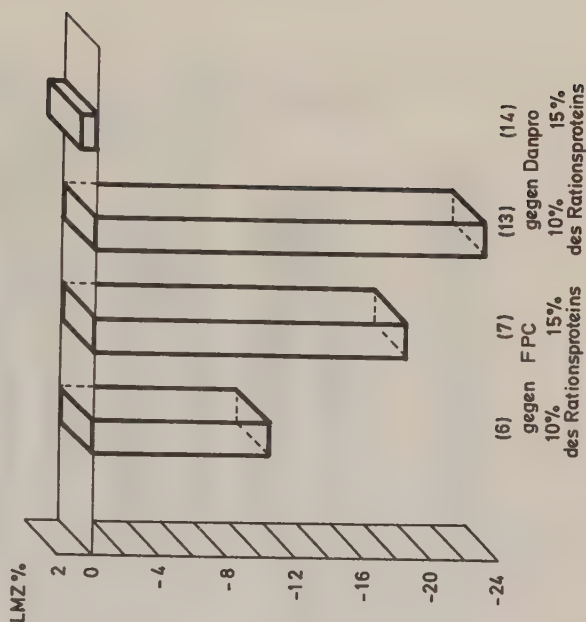


Abb.:31 Versuch II Ergänzungsversuch
Prozentuelle Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch 10% Panseninhalt

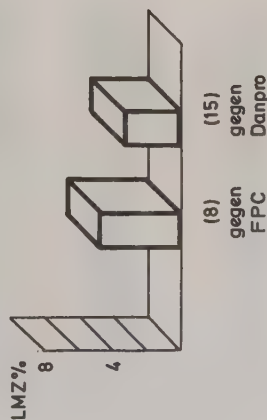


Abb.:32

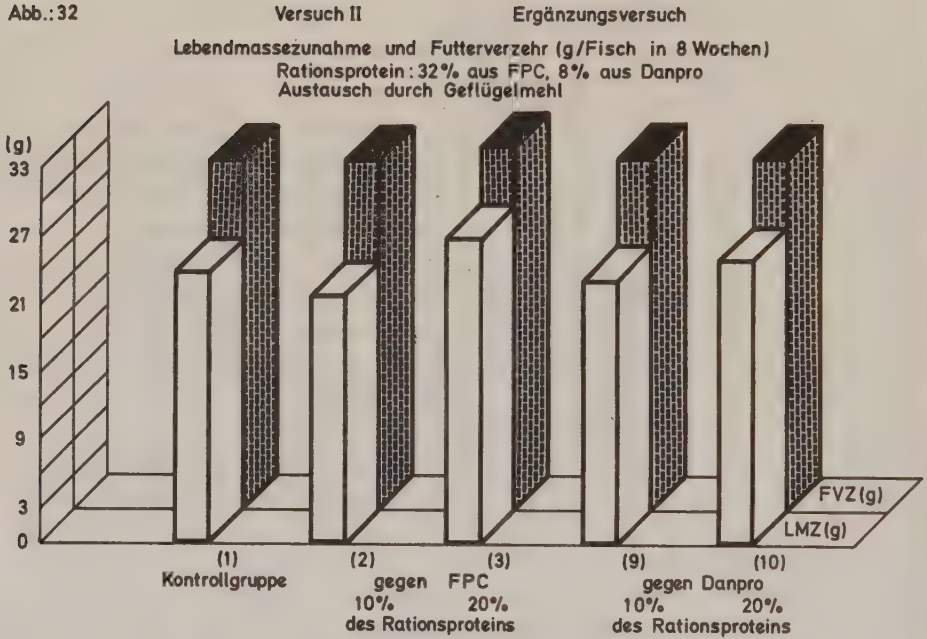


Abb.:33

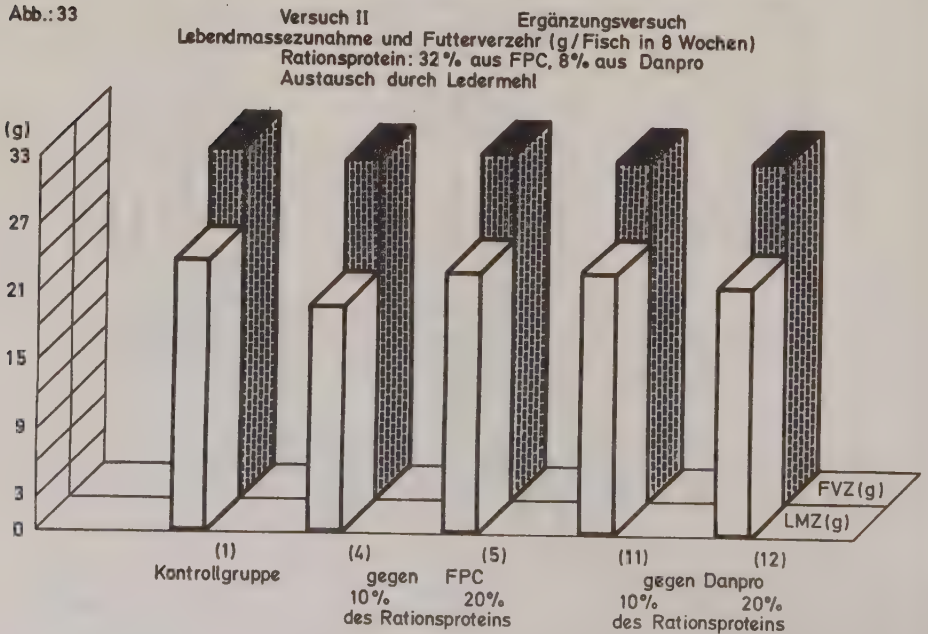


Abb.:34

Versuch II Ergänzungsversuch
 Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
 Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
 Austausch durch Algenmehl

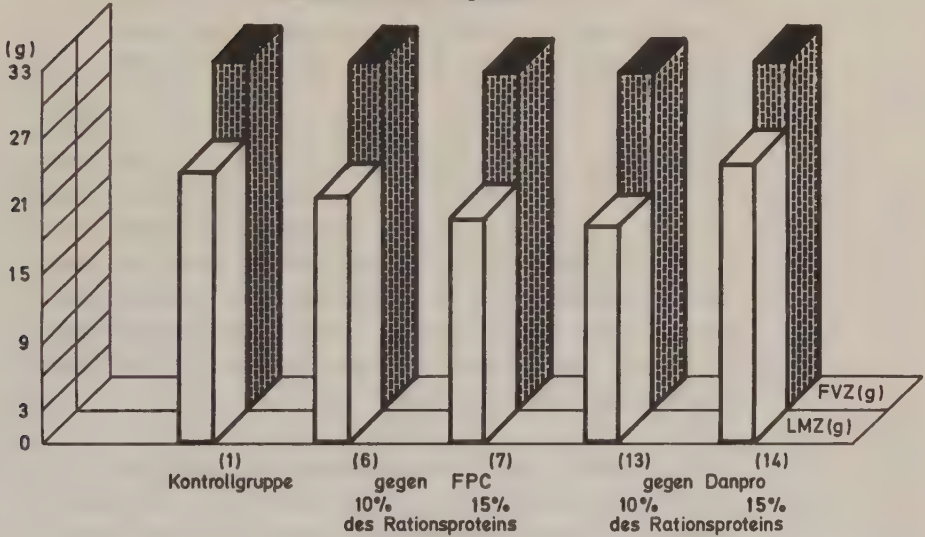
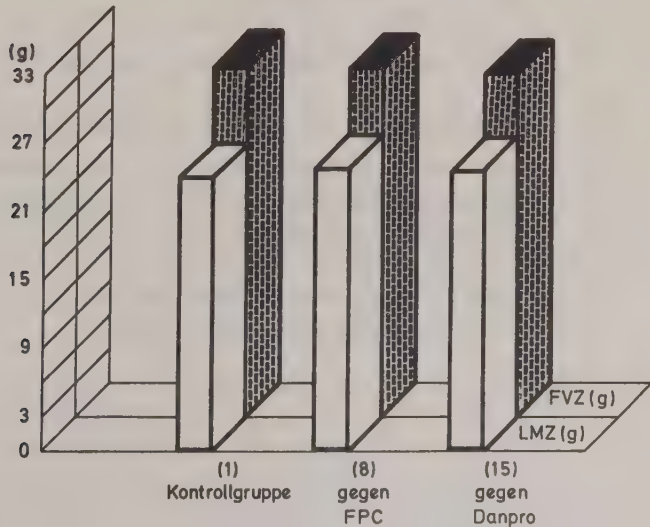


Abb.:35

Versuch II Ergänzungsversuch
 Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
 Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
 Austausch durch 10 % Panseninhalt



4.2.2

Körperzusammensetzung

Über die Körperzusammensetzung informiert Tab. 54.

Der T-Gehalt betrug im Mittel aller Gruppen bei Versuchsende 25,9 %. Zu Versuchsbeginn waren 23 % ermittelt worden. Die geringsten Werte lagen bei 24,9 %, der Höchstwert wurde mit 27,4 % ermittelt (in der am besten abgewachsenen Gruppe).

Entsprechend dem hohen T-Gehalt, der auf viel Fett schließen läßt, ist die RP-Konzentration relativ niedrig, zumindest im Vergleich zu Versuch I. Sie wurde im Mittel aller Gruppen mit 53,3 % i.d.T. analysiert; bei Versuchsbeginn hatte sie 60,4 % betragen. Die mittlere Energiedichte in der Trockensubstanz wurde mit 27,2 kJ/g bestimmt, der entsprechende Wert bei Versuchsbeginn lag um 3,2 kJ/g niedriger. Auch hier waren die Abweichungen vom Mittelwert gering: Höchstwert 27,6 kJ, Tiefstwert 26,6 kJ/g.

Insofern darf die Körperzusammensetzung der Probenfische aller Versuchsgruppen wohl als gleich angesprochen werden. Der einzige ins Auge fallende Unterschied besteht zu den Probenfischen vom Versuchsbeginn. Die gemessenen Änderungen sind eine Folge des guten Wachstums mit entsprechender Fetteinlagerung im Tierkörper.

4.2.3

Verdaubarkeit von Futter-T und -RP

Die Verdaubarkeit der Rationen des Ergänzungsversuchs mit den jeweils höchsten Anteilen der Prüffuttermittel wurde in 2 gesonderten Versuchen bestimmt, die konsekutiv an demselben Tiermaterial durchgeführt wurden.

Über die Ergebnisse von Durchgang I mit den beiden Geflügelschlachtrationen unterrichtet Tabelle 55.

Tab. 54a: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Geflügelmehl (%)	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	---	6.38	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	10
RP (%)	40	40	40	40	40	40	40	40
Tierzahl (n)	20	20	20	20	20	20	20	20
LM (g)	46.3	45.1	49.3	43.0	46.1	44.0	43.0	47.5
+ s	2.3	1.1	1.7	1.4	1.0	3.7	3.3	2.2
relativ	(100)	(97)	(106)	(93)	(100)	(95)	(93)	(103)
TS (%)	26.3	26.7	27.4	25.6	25.5	26.1	26.1	26.0
+ s	0.9	0.5	0.7	0.5	0.9	0.2	0.5	0.3
relativ	(100)	(102)	(104)	(97)	(97)	(99)	(99)	(99)
RP (% d. TS)	54.3	53.5	51.7	54.1	53.9	53.8	52.5	53.1
+ s	1.4	0.7	1.0	0.4	0.8	1.3	0.7	1.0
relativ	(100)	(96)	(95)	(99)	(99)	(99)	(97)	(98)
Energie (KJ/g TS)	27.0	27.0	27.6	26.7	26.6	27.2	27.3	27.2
+ s	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.5	0.3
relativ	(100)	(100)	(102)	(99)	(99)	(101)	(101)	(101)
Rohasche (% d.TS)	8.5	8.5	8.0	8.6	8.8	8.6	8.5	8.1
+ s	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
relativ	(100)	(100)	(94)	(101)	(104)	(101)	(100)	(95)

Tab. 54b: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	VB
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	---
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.98	---
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0.07	---
Geflügelmehl (%)	6.26	12.52	---	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	7.62	15.24	---	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	6.83	10.24	---	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	10	---
RP (%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	---
Tierzahl (n)	20	20	20	20	20	20	20	20
LM (g)	46.1	47.4	45.4	45.0	42.5	46.7	46.9	23.0
+ s	1.8	3.7	2.5	3.1	2.8	3.2	3.1	0.6
relativ	(100)	(102)	(98)	(97)	(92)	(101)	(101)	---
TS (%)	25.9	25.6	24.9	25.3	25.5	24.9	26.7	23.0
+ s	0.6	0.9	1.1	0.7	1.4	1.2	0.7	0.7
relativ	(98)	(97)	(95)	(96)	(97)	(95)	(102)	---
RP (% d. TS)	53.0	54.8	54.0	51.8	55.4	53.1	51.1	60.4
+ s	0.9	0.8	0.8	0.5	0.9	1.2	1.3	2.3
relativ	(98)	(101)	(99)	(95)	(102)	(98)	(94)	---
Energie (KJ/g TS)	27.4	27.6	27.1	27.3	26.9	27.3	27.2	24.0
+ s	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2
relativ	(101)	(102)	(100)	(101)	(100)	(101)	(101)	---
Rohasche (% d.TS)	8.1	8.2	8.4	8.3	8.9	8.7	7.9	10.0
+ s	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3
relativ	(95)	(96)	(99)	(98)	(105)	(102)	(93)	---

Tab. 55: VERDAUUNGSVERSUCH - DURCHGANG I
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT

Code-Nr.:	(1)	(3)	(10)
FPC	39.85	29.89	39.85
Danpro (%)	13.19	13.19	---
Methionin (%)	0.08	0.08	---
Geflügelmehl (%)	---	12.52	12.52
RP gesamt (%)	40.0	40.0	40.0
TS (%)	89.6	86.9	91.1
RP (%)	94.3	90.4	91.5
Bruttoenergie (%)	91.3	89.1	92.4

Tab. 56: VERDAUUNGSVERSUCH - DURCHGANG II
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT

Code-Nr.:	(1)	(5)	(7)	(12)	(14)
FPC (%)	39.85	29.89	32.38	39.85	39.85
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	---	3.29
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	---	0.08
Ledermehl (%)	---	15.24	---	15.24	---
Mikroalgen (%)	---	---	10.24	---	10.24
RP gesamt (%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
TS (%)	84.7	79.3	82.5	83.8	85.5
RP (%)	90.1	86.1	85.1	89.0	86.2
Bruttoenergie (%)	85.7	82.7	83.7	85.8	85.6

Die Verdaubarkeit der Futterrockensubstanz betrug in der Kontrollgruppe 89,6 %, des Rohproteins 94,3 und der Bruttoenergie 91,3 %. In Durchgang II (Tab. 56), in dem ebenfalls eine Kontrollgruppe mitgeführt wurde, lagen die entsprechenden Werte ca. 4-6 % niedriger. Für die T wurden 84,7 % ermittelt, für RP 90,1 und für die Futterenergie 85,7 %.

Die Geflügelmehlrationen (Tab. 55) waren in allen 3 gemessenen Fraktionen etwas schlechter verdaulich, wenn Geflügelmehl zu Lasten von FPC eingesetzt wurde, aber besser verdaulich, wenn Geflügelmehl gegen Danpro ausgetauscht wurde.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Ledermehl-Rationen (Durchgang II, Tab. 56). Eine deutliche Verdaulichkeitsdepression trat ein, wenn Ledermehl FPC aus der Ration verdrängte, bei Austausch gegen Danpro wurden die Kontrollgruppenwerte in etwa gehalten. Daraus darf geschlossen werden, daß Ledermehl etwas schlechter verdaulich ist als Geflügelmehl.

Die bisher geschilderten Verhältnisse treffen auch für den Einsatz von Algenpulver zu Lasten von FPC bzw. Danpro zu. Dabei scheint das Algenprotein etwas schlechter verdaulich als das Ledermehlprotein zu sein. Die Trockensubstanz und die Bruttoenergie von Algenpulver schnitten aber etwas besser ab als die entsprechenden Ledermehl-Fractionen.

4.2.4

Protein- und Energieansatz

Die für den Protein- und Energieansatz aus Gesamtkörperanalysen errechneten Werte sind in den Tabellen 57 a und 57 b aufgelistet.

In 8 Versuchswochen wurden in der Kontrollgruppe 3,5 g RP/Fisch angesetzt. Dieser Wert wird nur von der Geflügelmehl-

Tab. 57a: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)

ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Geflügelmehl (%)	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	---	6.38	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt	40	40	40	40	40	40	40	40
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	3.5 (100)	3.3 (94)	3.9 (111)	2.8 (80)	3.2 (91)	3.1 (89)	2.7 (77)	3.5 (100)
PER relativ	1.99 (100)	1.89 (95)	2.09 (105)	1.75 (88)	1.99 (100)	1.86 (93)	1.64 (82)	2.07 (104)
PPW relativ	29.1 (100)	27.8 (96)	30.0 (103)	24.2 (83)	26.8 (92)	26.4 (91)	22.1 (76)	28.4 (98)
Energiean- satz (KJ/Fisch) relativ	208.2 (100)	202.5 (97)	250.6 (120)	170.5 (82)	187.4 (90)	191.1 (92)	180.5 (87)	214.6 (103)
K_{tot} relativ	30.8 (100)	29.8 (97)	34.9 (113)	26.4 (86)	28.0 (91)	28.2 (92)	27.5 (89)	31.8 (103)

Tab. 57b: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)

ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.98
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0.07
Geflügelmehl (%)	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt	40	40	40	40	40	40	40
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	3.2 (91)	3.5 (100)	3.0 (86)	2.8 (80)	2.8 (80)	3.1 (89)	3.4 (97)
PER relativ	1.94 (97)	1.99 (100)	1.92 (96)	1.94 (97)	1.66 (83)	2.04 (103)	2.22 (112)
PPW relativ	26.3 (90)	28.2 (97)	25.0 (86)	23.9 (82)	24.0 (82)	25.7 (88)	29.8 (102)
Energiean- satz (KJ/Fisch) relativ	203.7 (98)	211.9 (102)	183.6 (88)	186.9 (90)	164.7 (79)	199.2 (96)	222.5 (107)
K_{tot} relativ	29.8 (97)	30.3 (98)	27.9 (91)	29.0 (91)	26.2 (85)	29.2 (95)	33.2 (108)

gruppe (3), in deren Futter 20 % des Rationsproteins gegen FPC ausgetauscht worden war, mit 3,9 g überschritten. Die niedrigsten Werte ergaben sich in den Algen- und Ledermehl-Gruppen.

Beide Panseninhalts-Gruppen erreichten die Werte der Kontrollgruppe (1). Die etwas bessere Wachstumsrate und Futterverwertung dieser Gruppe müßte demnach auf eine höhere Fetteinlagerung zurückzuführen sein. Tatsächlich überstieg auch der Energieansatz den Kontrollgruppenwert um 3 (Gruppe (8)) bzw. 7 % (Gruppe (15)).

Im Mittel der 4 Geflügelmehl-Gruppen wurden pro Fisch im Versuchszeitraum 3,5 g RP und 217 kJ angesetzt. Bei gleicher N-Retention wurde damit auch in diesen Gruppen etwas mehr Fett angesetzt als in der Kontrollgruppe.

In den Algen- und Ledermehl-Gruppen wurde der Energieansatz der Kontrollgruppe nicht erreicht (Mittelwert von 4 Ledermehlgruppen: 182 kJ, von 4 Algengruppen 184 kJ/Fisch).

Der PPW aller Versuchsgruppen betrug $26,5 + 2,4$ %. Der Kontrollgruppenwert lag mit 29,1 % um fast 10 % über diesem Gesamtmittel. Er wird annähernd erreicht vom Mittelwert der 4 Geflügelmehl-Gruppen mit 28,1 %. Die Ledermehl- und Algen-Gruppen wiesen mit 25,0 bzw. 24,6 % eine unterdurchschnittliche Proteinverwertung auf.

Dies gilt auch für den Gesamtwirkungsgrad der Futterenergie. Für die Ledermehl- bzw. Algengruppen wurde ein K_{tot} von 27,8 ermittelt, der Gesamtmittelwert lag bei $29,5 + 2,4$ %. Der Kontrollwert von 30,8 % wurde erwartungsgemäß von beiden Panseninhaltsgruppen mit 31,8 bzw. 33,2 % überschritten, während die Geflügelmehlgruppen mit 31,2 % etwa auf Kontrollgruppenniveau lagen.

DISKUSSION

In 2 Modellversuchen an Forellen wurden Untersuchungen zur Schnellprüfung des Futterwerts verschiedener Futtermittel vorgenommen. Im Allgemeinen müssen Versuche, die eine sichere Auskunft über die Brauchbarkeit einer Futtermischung bzw. von Einzelfuttermitteln geben sollen, über mindestens 8 Wochen durchgeführt werden (STRAUSS 1982, REITER 1984). Diese Forderung wurde erfüllt. Die Verlustrate entsprach in Anbetracht der proteindefizitären Versorgung und der Streßbelastung durch Stripping in Versuch I mit 25/200 Forellen etwa den Erwartungen. In Versuch II verendeten mit 15 % relativ viele Forellen, spezifische Krankheiten wurden aber nicht festgestellt. Auch konnten die Verluste bestimmten Futtermitteln nicht zugeordnet werden. Alle Werte sind um die Verluste korrigiert. Die Validität der Versuche dürfte durch die aufgetretene Mortalität nicht beeinträchtigt sein.

GLIEDERUNG

- 5.1 **Nährstoffgehalt der Futtermischungen**
- 5.2 **Vergleich der Proteinquellen der Basalrationen (Versuch I)**
- 5.3 **Prüffuttermittel**
 - 5.3.1 Geflügelmehl
 - 5.3.2 Ledermehl
 - 5.3.3 Mikroalgen
 - 5.3.4 Panseninhalt
- 5.4 **Eignung der Versuchsmodelle**

5.1

Nährstoffgehalt der Rationen

In beiden Basalrationen von Versuch I wurden die angestrebten Gehaltswerte für Rohprotein nicht erreicht. Jeweils 25 g RP/90 g Basalration waren im Versuchsplan vorgesehen. In den Casein-Gelatine-Basalrationen wurden 23.8 analytisch ausgewiesen, in der FPC-Basalration dagegen 26.3 g. In Relation zu den veränderten Ausgangsgehalten wurden dagegen die durch den Zusatz von 5 und 10 g Prüffuttermittel erwartbaren Steigerungen des Proteingehalts analytisch brauchbar aufgefunden. Im Mittel aller 5 Casein-Gelatine-Gruppen wurde der angestrebte Proteingehalt somit um 1.5 % unterschritten, in der FPC-Ration um 1.9 % (absolut) überschritten.

Die Energiedichte der Casein-Gelatine und FPC-Basalrationen unterschied sich ebenfalls. Hier waren allerdings vom Versuchsplan keine Werte festgesetzt worden. In 90 g Casein-Gelatine-Basalration wurden 1.64 MJ bombenkalorimetrisch bestimmt, in 90 g FPC-Basalration 1.73 MJ. Auch hier spiegeln sich die durch die Zusätze der Prüffuttermittel erwartbaren Steigerungen an Bruttoenergie der Analysenwerte innerhalb eines brauchbaren Spielraums wieder. Tab. 58 vermittelt eine Übersicht.

Tab. 58: ANALYTISCHE KENNWERTE DER RATIONEN
(VERSUCH I)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Proteinquelle	----- Casein-Gelatine -----					----- FPC -----				
Zusatz	- Ledermehl Geflügelmehl -					- Ledermehl Geflügelmehl -				
Angaben (g) pro	90	95	100	95	100	90	95	100	95	100
RP	23.8	26.4	28.2	25.3	29.6	26.3	29.2	32.2	30.1	32.3
Asche	4.7	5.8	6.1	5.4	6.0	3.5	4.8	6.1	4.2	4.8
MJ	1.64	1.75	1.83	1.74	1.84	1.73	1.82	1.92	1.83	1.88

Aus Tab. 58 geht auch deutlich hervor, daß die FPC-Rationen ascheärmer waren als die Casein-Gelatine-Rationen. Durch beide Prüffuttermittel erfolgt ein erheblicher Ascheeintrag in

die Rationen, der energetisch aber durch den Fettgehalt von Geflügel- und Ledermehl offensichtlich gut kompensiert wird.

In Versuch II sollten für alle Rationen 40 % Rohprotein erreicht werden. Der analytische Mittelwert von 14 Rationen (Ration (14) wegen Probenahmefehler als Ausreißer betrachtet) lag bei 39.0 ± 1.2 %. Der Bruttoenergiegehalt ($n = 15$) betrug 1.98 ± 0.04 MJ/100 g Futter.

Der Unterschied zwischen beiden Versuchsmodellen wird durch diese Gegenüberstellung noch einmal verdeutlicht. In Versuch II wurden die Prüffuttermittel protein- und offensichtlich auch hinreichend energieäquivalent gegen FPC bzw. Danpro ausgetauscht. Im Zusatzversuch bewirkte die Zulage der Prüffuttermittel eine entsprechend höhere Versorgung der Forellen mit Protein, Energie und Mineralstoffen.

5.2 Vergleich der Proteinquellen der Basalrationen (Versuch I)

Wie unter 4.1.1 beschrieben, wurden in den Casein-Gelatine-Gruppen erheblich schlechtere Wachstumsraten als in den FPC-Gruppen beobachtet. Das kann allerdings nur partiell auf die geringere Versorgung der Fische mit Protein- und Energie zurückgeführt werden, selbst wenn man berücksichtigt, daß die beschriebene Differenz durch die höheren Verdauungsquotienten für FPC-Protein noch weiter vergrößert wird. Käme die geringere Versorgung an Protein und Energie als einzige Ursache der Wachstumsunterschiede in Betracht, wäre für die rückläufige Gewichtsentwicklung in der 2. Versuchshälfte keine Erklärung gegeben.

Deshalb muß hier noch einmal auf die bereits unter 4.1.1 geäußerte Vermutung verwiesen werden, daß in Casein-Gelatine-Rationen ein für Forellen abträglicher Faktor enthalten sein könnte oder daß ein für Forellen essentieller Faktor in diesen Rationen nicht ausreichend vertreten ist. PFEFFER und BARTE hatten 1980 eine ähnliche Hypothese aufgestellt. Auch bei REITER (1984) war Casein einem FPC deutlich unterlegen.

Daneben lassen sich aber immer wieder Versuchsergebnisse auffinden, welche Casein-Gelatine Gleichwertigkeit zu FPC oder Fischmehl als Proteinquelle attestieren (SCHULZ et al. 1981, COWEY et al. 1981).

Möglicherweise besteht ein Zusammenhang mit der Höhe der Proteinversorgung. In der vorliegenden Untersuchung bestand aus versuchstechnischen Gründen ein beträchtliches Proteindefizit. SCHULZ und Mitarbeiter (1981) verwandten eine CGS-Diät (Tab. 11), welche ausreichend Protein enthielt.

Auch auf die Beobachtung von STRAUSS (1982) muß verwiesen werden, daß Casein-gefütterte Forellen - auch hier lag eine Proteinmangelversorgung vor - im Gegensatz zu FPC-Forellen vermehrt Fettlebern aufweisen. Der Grad einer eventuellen Vorschädigung des hier verwandten Tiermaterials war nicht bekannt, so daß sich ein abträglicher Effekt der Casein-Gelatine-Rationen auf die Entstehung von Fettlebern eventuell besonders schnell auswirken konnte. Die dann eintretende Stoffwechselstörung wäre eine hinreichende Ursache, die negative Gewichtsentwicklung in der 2. Versuchshälfte zu erklären. Systematische Leberuntersuchungen wurden nicht vorgenommen, so daß die vorgetragene Hypothese nicht verifiziert werden kann.

Es ist dagegen eher unwahrscheinlich, daß Qualitätsschwankungen des Caseins in einem so erheblichen Maße auftreten, daß sie zur Erklärung der widersprüchlichsten Befunde im Schrifttum herangezogen werden könnten.

Es bleibt festzuhalten, daß als Proteinquelle einer proteindefizitären Basalration FPC offensichtlich viel besser als Casein-Gelatine geeignet ist. Allerdings könnte noch eine Schwefelaminosäuren-Ergänzung des Casein-Gelatine-Proteins vor einer endgültigen Beurteilung in Betracht gezogen werden (FRANK 1984, REITER 1984).

5.3 **Prüffuttermittel**

Bei der Beurteilung der Prüffuttermittel wird auf die Ergebnisse von Versuch I B (FPC-Rationen) und Versuch II zurückgegriffen. Versuch I A (Casein-Gelatine) ist wegen der rückläufigen Gewichtsentwicklung in der 2. Versuchshälfte und der geringen Wachstumsrate verbunden mit niedrigem Protein- und Energieansatz kaum geeignet, zuverlässige Unterschiede zwischen den Gruppen hervortreten zu lassen.

5.3.1 **Geflügelmehl**

In beiden Versuchsmodellen (Zusatz- und Ergänzungsversuch) wurden mit Geflügelmehl die jeweils besten Leistungen erzielt. Im Zusatzversuch wurde durch 5 und 10 g Geflügelmehlzulage zu 90 g Basalration Zunahme und Futterverzehr kontinuierlich gesteigert, die Verdaulichkeit des Futters nicht negativ beeinflusst. Die verbesserte Gewichtsentwicklung war von einer Erhöhung der N- und Energie-Retention begleitet.

Die Akzeptanz der Geflügelmehl-Rationen war gut. Bis zu 10 % Geflügelmehl in der Mischung wurden in diesem Modell untersucht.

Im Ergänzungsversuch wurden 6.26 und 12.52 % Geflügelmehl im Mischfutter eingesetzt. Die absolut besten Leistungen (Zunahme, Futterverwertung, Protein- und Energieansatz, Protein- und Energieverwertung) wurden in der Gruppe mit 12.52 % Geflügelmehl im Austausch gegen 9.96 % FPC (entsprechend 8 % Rationsprotein) erzielt. Allerdings war hier die T-Verdaulichkeit geringfügig gegenüber der Kontrollgruppe gemindert. Bei Einsatz derselben Menge Geflügelmehl zu Lasten von 13.19% Danpro war dieser Effekt nicht zu beobachten. Die Verdaulichkeit von Geflügelmehl muß demzufolge etwas niedriger als FPC und etwas besser als Danpro eingeschätzt werden. Im Vergleich mit den anderen Proteinfuttermitteln wäre Geflügelmehl vorzuziehen.

Damit wurden in beiden Versuchssystemen Schlußfolgerungen gezogen, die mit publizierten Daten von Geflügelmehl in guter Übereinstimmung stehen (GROPP et al. 1976, STEFFENS 1985). Die genannten Autoren verwendeten noch höhere Anteile an Geflügelmehl (bis zu 54 % im Futter) mit gutem Erfolg. Es verwundert deshalb nicht, daß in den beschriebenen Versuchsmo-
dellen Grenzen des Einsatzes für Geflügelmehl nicht sichtbar wurden.

5.3.2 Ledermehl

Ledermehl wurde im Ergänzungsversuch bis zu einer Höchstgrenze von 15.24 % eingesetzt. Ein Aminosäuren-Ausgleich wurde nicht vorgenommen.

Im Zulageversuch führten 5 g Ledermehl zu 90 g FPC-Basale zu einer erkennbaren Anhebung der Versuchsparameter. 10 g Ledermehl konnten zwar den Energieansatz und die Energieverwertung noch geringfügig weiter verbessern, das Wachstum, der Proteinansatz und die Proteinverwertung blieben aber auf dem Niveau der 5 g Zulagegruppe. Dies spricht deutlich für das Auftreten eines Mangels an einer oder mehreren essentiellen Aminosäuren in der Futtermischung.

Bei Austausch gegen Danpro ist Ledermehl offensichtlich günstiger zu beurteilen.

Anhand des angewandten Versuchsrasters läßt sich für Ledermehl eine Höchstgrenze von 6-7 % im Futter (entspricht ca. 4 % Protein) schätzen. Wahrscheinlich ist dann die Verdau-
lichkeitsdepression so klein, daß sie unter praktischen Bedingungen nicht ins Gewicht fällt.

Bei beabsichtigten höheren Anteilen von Ledermehl wäre eine Aminosäuren-Ergänzung (Methionin, Tryptophan) erwägenswert.

5.3.3 Mikroalgen

Mikroalgen wurden aus Beschaffungsgründen nur im Ergänzungsversuch geprüft. Da relativ wenig Material zur Verfügung stand, wurden maximal 10.24 % (entspricht 6 % Rationsprotein) eingesetzt.

Obwohl der Futterverzehr durch Mikroalgen nicht beeinträchtigt war, wurden in 3 von 4 Rationsgruppen durchweg schlechtere Ergebnisse als in der Kontrollgruppe erhalten. Allein der Ersatz von 9.9 % Danpro durch 10.24 % Mikroalgen führte zu Leistungen, welche der Kontrollgruppe ebenbürtig waren. Dies überrascht um so mehr, als geringere Anteile von Mikroalgen mit mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Leistungseinbußen verbunden waren.

Die Verdaulichkeit der Algentrockensubstanz und der Algenbruttoenergie beeinflusste die jeweiligen Verdaulichkeitswerte der Ration kaum. Allein die Verdaulichkeit des Algenproteins ist geringer einzuschätzen als diejenige von FPC, aber auch von Danpro. Möglicherweise werden die in diesem Mehrzellerprotein enthaltenen Nucleinsäuren, die bei der Rohproteinbestimmung ($N \times 6.25$) fälschlicherweise als Protein erfaßt werden, im Gastrointestinalum schlechter als echtes Protein absorbiert.

Die relativ ungünstigen Ergebnisse mit Mikroalgen sollten aber vorerst noch nicht zu einer Abwertung dieses Proteinfuttermittels führen, da bekannt ist, daß die technische Aufbereitung des Rohprodukts vergleichbare Futtermittel wie Bakterienprotein bzw. dessen Verfügbarkeit in hohem Maße beeinflusst (GROPP, KÖCHLE 1983). Die guten Ergebnisse, welche MESKE und PRUSS (1976) mit Algen an Karpfen beschrieben haben, konnten nicht erreicht werden. Dies kann sowohl mit unbekannten Unterschieden in der Art der Algenaufbereitung wie auch mit der anderen Fischart in Zusammenhang stehen.

5.3.4

Panseninhalt

Getrockneter Panseninhalt weist etwa einen Rohproteingehalt auf, der dem von Getreide gleichgesetzt werden kann. Er ist also nicht wie die bisher besprochenen Komponenten als Proteinfuttermittel anzusehen. Bei nur 10 % Einsatz im Mischfutter dürfte daher auch die Proteinqualität vom Panseninhalt den Futterwert der Futtermischung kaum verändern.

Panseninhalt wurde proteinäquivalent gegen FPC bzw. Danpro ausgetauscht. Da bei dieser Vorgehensweise durch 10 % Panseninhalt nur 1.67 % FPC bzw. 2.21 % Danpro aus der Ration verdrängt wurden, mußte der Hauptanteil von Panseninhalt (ca. 8 %) zu Lasten von Maisquellstärke in die Futtermischung aufgenommen werden.

Nur so sind auch die günstigen Ergebnisse einzuordnen, die bei Verwendung von 10 % Panseninhalt erzielt wurden. Dabei konnten durchweg die Leistungen der Kontrollgruppe übertroffen werden. 20 % Panseninhalt hatten in einer gleichen Versuchsanordnung (SALEH 1985) zu starken Leistungsdepressionen geführt, die wahrscheinlich mit dem hohen Rohfasergehalt von Panseninhalt (über 30 %) in Zusammenhang stehen.

Zur Wirkung von 10 % Panseninhalt kann erklärend nur die Vermutung vorgetragen werden, daß durch die Einbringung von "Struktur" in die Forellen-Rationen die Darmpassage des Futters sich so ändert, daß die Nährstoffe besser ausgenutzt werden. In Übereinstimmung mit dieser These stehen die Befunde einer verbesserten Ausnutzung zugeführter Proteine und von Futterenergie für den Ansatz.

5.4 Eignung der Versuchsmodelle

Beide Versuchsmodelle haben sich offensichtlich bewährt. Der Zulageversuch ist dann angezeigt, wenn noch relativ wenig Daten (auch analytischer Natur) über dem Futterwert zur Verfügung stehen. Von der Verwendung einer Casein-Gelatine-Ration muß in diesem Zusammenhang aufgrund der beschriebenen Erfahrungen abgeraten werden.

Wahrscheinlich sind mit 5 bzw. 10 g Zulage zu 90 g einer protein-(und energie)-defizitären Ration die Grenzen dieses Systems noch nicht ausgereizt. Höhere Zulagen erscheinen einer Überprüfung wert. Das Modell Ergänzungsversuch, in dem Futtermittel proteinäquivalent gegeneinander ausgetauscht werden, hat bestätigt, daß bei Einsatz eines hochverdaulichen und hochwertigen Futtermittels wie FPC andere Verhältnisse sich einstellen können (müssen) als bei Austausch eines geringerwertigen Futtermittels.

Auch in diesem System könnten die Grenzen des Futtermittel-austausches weiter gesteckt werden (ca. 50 % des Rationsproteins). Da der wahlweise Austausch gegen FPC und eine (oder mehrere) andere Proteinquelle(n) aber wünschenswert erscheint, müßte dies zu einer Änderung der Rezeptur der Kontrollmischung führen. FPC sollte dann gerade 50 % des Rationsproteins liefern (hier 80 %), so daß bei Ersatz von 50 % des Rationsproteins die Futtermischung fischproteinfrei wäre. Bei dieser "schärferen Prüfung" ließen sich hochwertige Eiweißfuttermittel einfacher als im vorliegenden System erkennen.

Die simultan zum Wachstumsversuch vorgenommene Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe sowie die Anwendung einfacher Bilanztechniken stören den Versuchsablauf kaum, erhöhen aber den Informationswert erheblich.

Tab. A1: Verdaubarkeit; Versuch I Teil A

Tab. A2: Verdaubarkeit; Versuch I Teil B

Tab. A3: Spezifische Wachstumsrate; Versuch II

Tab. A4: Spezifische Wachstumsrate; Versuch II

Tab. A5: Produktspezifikation Labcasein

Tab. A6: Produktspezifikation Gelatine

Tab. A7: Produktspezifikation Fischproteinkonzentrat

Tab. A8: Produktspezifikation Danpro

Abkürzungen

Tab A1: VERSUCH I TEIL (A) (CASEIN-GELATINE-BASIS)
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT NACH 7 VERSUCHSWOCHEN
TROCKENSUBSTANZ (TS) UND ROHPROTEIN (RP)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
Gelatine	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro	25.00 90g	27.60 95g	30.20 100g	27.80 95g	30.40 100g
TS (%)	76.3	71.8	73.2	72.2	78.9
RP (%)	87.1	87.5	---	87.1	85.5

Tab A2: VERSUCH I TEIL (B) (FCP-BASIS)
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT NACH 7 VERSUCHSWOCHEN
TROCKENSUBSTANZ (TS) UND ROHPROTEIN (RP)

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Ledermehl	---	5.00	10.00	---	---
Geflügelmehl	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro	25.00 90g	27.60 95g	30.20 100g	27.80 95g	30.40 100g
TS (%)	74.3	74.0	75.3	74.0	77.0
RP (%)	92.0	91.4	91.7	92.5	92.9

Tab. A 3: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)
 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE α
 10 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	32.38	38.18
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Geflügelmehl (%)	---	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	---	6.38	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40	40
1. + 2. Woche	1.69	1.53	1.87	1.39	1.40	1.47	1.27	1.59
+ s	0.06	0.16	0.07	0.04	0.11	0.22	0.17	0.22
relativ	(100)	(91)	(111)	(82)	(83)	(87)	(75)	(94)
3. + 4. Woche	1.43	1.23	1.58	1.33	1.71	1.40	1.41	1.52
+ s	0.16	0.34	0.12	0.11	0.26	0.22	0.25	0.21
relativ	(100)	(86)	(110)	(93)	(120)	(98)	(99)	(106)
5. + 6. Woche	1.14	1.26	1.32	1.08	1.17	1.01	0.92	1.28
+ s	0.38	0.32	0.42	0.22	0.16	0.55	0.55	0.51
relativ	(100)	(111)	(116)	(95)	(103)	(89)	(81)	(112)
7. + 8. Woche	1.30	1.29	1.23	1.15	1.27	1.28	1.21	1.36
+ s	0.35	0.20	0.12	0.24	0.11	0.04	0.34	0.59
relativ	(100)	(99)	(95)	(88)	(98)	(98)	(93)	(105)

Tab. A 4: VERSUCH II - ERGÄNZUNGSVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)
 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE α
 10 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	3.29	10.98
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.08	0.08	0.07
Geflügelmehl (%)	6.26	12.52	---	---	---	---	---
Ledermehl (%)	---	---	7.62	15.24	---	---	---
Algenmehl (%)	---	---	---	---	6.83	10.24	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	10
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
1. + 2. Woche	1.47	1.66	1.61	1.60	1.34	1.63	1.66
+ s	0.16	0.23	0.04	0.04	0.11	0.10	0.11
relativ	(87)	(98)	(95)	(95)	(79)	(96)	(98)
3. + 4. Woche	1.59	1.32	1.35	1.32	1.12	1.36	1.57
+ s	0.08	0.22	0.04	0.07	0.09	0.07	0.08
relativ	(111)	(92)	(94)	(92)	(78)	(95)	(110)
5. + 6. Woche	1.15	1.24	1.36	1.03	0.91	1.36	0.98
+ s	0.37	0.41	0.22	0.29	0.23	0.31	0.24
relativ	(101)	(109)	(119)	(90)	(80)	(119)	(86)
7. + 8. Woche	1.27	1.41	1.04	1.28	1.26	1.25	1.48
+ s	0.19	0.61	0.21	0.33	0.50	0.12	0.42
relativ	(98)	(108)	(80)	(98)	(97)	(96)	(114)

Tab. A 5: PRODUKTSPEZIFIKATION - LABCASEIN
(MEGGLE)

Wasser (%)	8
Asche (%)	9 - 10
Ca (%)	3 - 3.5
P (%)	2 - 2.5
Fett (%)	1
Rohfaser (%)	0
Protein (%)	80 - 81 (87 - 88)

Aminosäuren	Labcasein - Sprüh Produkt	% bezogen auf Ø Protein
Alanin	2.68	3.27
Arginin	3.37	4.11
Asparaginsäure	6.36	7.77
Cystin/Cystein	0.27	0.33
Glycin	1.70	2.07
Glutaminsäure	20.96	25.71
Histidin	2.77	3.38
Isoleucin	4.50	5.50
Leucin	8.79	9.99
Lysin	7.30	8.92
Methionin	2.37	2.90
Phenylalanin	4.95	6.05
Prolin	8.85	10.81
Serin	5.09	6.22
Threonin	3.41	4.16
Tryptophan	1.00	1.22
Tyrosin	5.47	6.68
Valin	5.79	7.07

Tab. A 6: **PRODUKTSPEZIFIKATION - GELATINE**
(zitiert nach STRAUSS, 1982)

Gelatine gepulvert, technische Qualität Fa. Merck

Wassergehalt	unter	15 % (z.B. 11%)
Asche (Sulfatasche)	unter	2.5 % (1 %)
Calcium		0.05 - 0.1 %
Phosphat (P_2O_5)		0.05 - 0.1 %

Aminosäuren (%) v. RP

Methionin	0.8
Cystin	0.11
Lysin	3.9
Tryptophan	0.0
Threonin	1.8
Valin	2.2
Isoleucin	1.6
Leucin	3.0
Phenylalanin	7.2
Tyrosin	---
Arginin	7.2
Histidin	0.7
Asparaginsäure	6.0
Glutaminsäure	9.7
Serin	3.2
Glycin	23.7
Alanin	9.9
Prolin	15.0

Tab. A 7: **PRODUKTSPEZIFIKATION - FPC**
(zitiert nach STRAUSS, 1982)

ANOREL^R (CTPP Boulogne)
Lösliches Fischproteinkonzentrat, sprühgetrocknet

Wasserlöslichkeit	min 80 %.
Proteinverdaulichkeit	min 95 %
Rohprotein	min 82 %
Fett	max 3.5 %
Wasser	max 5 %

Aminosäuren (%) v. RP

Methionin	2.4
Cystin	0.9
Lysin	6.7
Threonin	3.9
Valin	4.1
Isoleucin	3.2
Leucin	6.4
Phenylalanin	3.3
Tyrosin	2.6
Arginin	6.3
Histidin	2.1
Asparaginsäure	9.1
Glutaminsäure	14.4
Serin	4.9
Glycin	10.4
Prolin	6.0
Alanin	6.7
Tryptophan	0.7-1.0

Tab. A 8: PRODUKTSPEZIFIKATION - DANPRO A
(MEGGLE)

Wasser (%)			6 - 8
Protein (%)			70 - 72
Fett (Petroleum Äther Extr.) (%)			0.5
Faser (%)			3 - 4
Kohlenhydrat (Differenz) (%)			16 - 18
Mineralstoffe (%)			4 - 5
pH (%)			6.7
Partikelgröße (%)		95	50

Minerale			
Kalium (%)	2.0	Magnesium	0.3
Phosphat	0.7	Chlor	0.1
Schwefel	0.4	Natrium	0.01
Schwefel	0.3	Eisen	80 - 120 ppm

Grammm Aminosäuren je 100 g Protein (16 g Nitrogen)			
Lysin	6.1	Alanin	4.2
Histidin	2.6	Cystin	1.6
Arginin	7.5	Valin	5.0
Asparaginsäure	11.7	Methionin	1.4
Threonin	4.0	Isoleucin	4.8
Serin	4.8	Leucin	---
Glutaminsäure	18.9	Tyrosin	4.0
Prolin	5.4	Phenylalanin	5.1
Glycin	4.1	Tryptophan	1.5

NPU bei Rattenversuch	TD	BV	NPU
Danpro	93.8	65.1	61.0
Danpro + 0.75 % Methionin	96.2	75.2	70.4
Danpro + 1.5 % Methionin	96.1	86.2	86.7

ABKÜRZUNGEN

Alpha (α)	Spezifische Wachstumsrate
AS	Aminosäuren
FPC	Fischproteinkonzentrat
FVW	Futterverwertung
FVZ	Futterverzehr
k_{tot}	Gesamtwirkungsgrad der Futterenergie
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
PPW	Produktiver Proteinwert
RP	Rohprotein
TS (T)	Trockensubstanz
VB	Versuchsbeginn
VE	Versuchsende

LITERATURVERZEICHNIS

ANDREWS, J.W., J.W. PAGE and M.W. MUNAY (1977):

Supplementation of a semipurified casein diet for catfish with free amino acids and gelatine

J. Nutr. 107, 1153-1156

APPELBAUM, S. (1977):

Geeigneten Ersatz für Lebendnahrung von Karpfenbrut

Arch. Fisch. Wiss. 28, 31-43

BAATH, CH. (1984):

Mündliche Mitteilung

BODECKER, H.-J. (1979):

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Nährstoffen und Futterenergie bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson) in Abhängigkeit von Partikelgröße und Proteingehalts des Futters

Diplomarbeit, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie

BOHL, M. (1982):

Gesundheit und Hygiene

In: Süßwasserfische Vermehren, Erzeugen, Vermarkten

Bohl, M. Herausg. DLG-Verlag Frankfurt

BOLIN, D.W., KING, R.P. and E.W. KLOSTERMANN (1952):

Asimplified method for the determination chromic oxide when used as an index substance

J. Sci. 116, 634

BUJARD et al. (1970):

Composition and nutritive value of blue green algae (*Spirulina*) and their possible use in food formulation

3 rd. Int. Congr. of food Sci. and Technology, Washington

BURGES, H. et al. (1971):

Utilization of the alga *spirulina* as protein source

Nutr. Report Intern (4), 31-43

CASTELL, J.D. und K. TIEWS (1980):

Standardization of Methodology in Fish Nutrition Research

Report of the EIFAC, IUNS and ICES working Group on
EIFAC Technical paper Nr. 36, EIFAC T 36

CIFERRI, O. (1983):

Spiruline, the Edible Microorganism

Microbiological Reviews Dec. 1983, p. 551-578

CHO, C.Y. and S.J. SLINGER (1978):

Significance of digestibility measurement in formulation of feeds for rainbow trout

EIFAC 78 SMMP E 60

COMEY, C.B., O.J. COOKE, A.J. MATTY and J.W. ADRON (1981):

Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout

J. of Nutr. III. (2), 336

DE LONG D.C., J.E. HALVER and E.T. METZ (1958):

Nutrition of salmonid fishes by protein requirement of chinook salmon at two water temperatures

J. Nutr. 65, 589-599

DEUFEL, J. (1976):

Über die Wirkung freier Kohlensäure auf Fische und die Ursache der Gasblasenkrankheit

S. 145 in Fisch und Umwelt 2, H. Reichenbachklinik-Herausgeber, Fischer-Verlag, Stuttgart

EDIN, H. (1918):

Orienterande försök över en Pa Ledkioppsprincipen grundad metod att bestämma en foderblandings smölbarket

Meddelanden från centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet Nr. 165, 309 (1926) Nr. 356 (1929) Nr. 380

FRANK, B. (1984):

Untersuchungen über den Arginin- und Tryptophanbedarf der Regenbogenforelle (*S. gairdneri* Richardson) mit Hilfe gereinigter Diäten

Diss. med. vet. München

GROPP, J. (1978):

Stand und Erkenntnisse in der Fischfütterung aus wissenschaftlicher Sicht

Tierzüchter, 30, 59

GROPP, J. (1982):

Ernährung von Süßwasserfischen in Intensivhaltung

in: Zucht und Produktion von Süßwasserfischen

Druckhaus Koblenz (ISBN-3-7690.0364.0)

GROPP, J. (1984):

Grundprinzipien der Forellenernährung, Zusammensetzung von Forellenfuttermitteln

in: Aqua-Fisch, Internationale Fachausstellung Bodensee 28.3.-1.4.1984, 106-128

GROPP, J. (1985):

Spezielle Fragen der Ernährung von Süßwasserfischen

Vortragstagung Lohmann, Cuxhaven 13.11.1985

GROPP, J., J. KOOPS, K. TIEWS und H. BECKER (1976):

Ersatz von Fischmehl im Forellentrockenfuttermittel

Arch. Dt. Fischereiwiss. 19, 85-102

GROPP, J. und M. BOHL (1976):

Prinzipien moderner Forellenproduktion

Lohmann Informationen, März/April 1976

GROPP, J., H. KOOPS, K. TIEWS und H. BECK (1979):

Replacements of fishmeal in trout feeds by other feed-stuffs

Advances in Aquaculture, Publ. by T. Pillay, Fisch. News. Books Ltd. Farnham, Surrey, England, 596

GROPP, J., H. BECK, H. KOOPS and K. TIEWS (1982):

Rape-seed, Lupine and Field Beans (*Vicia faba* L.)
in Trout Diets

Fisch und Umwelt, Heft 11, 77-92

GROPP, J., A. SCHWALB-BÖHLING, H. KOOPS and K. TIEWS (1982):

On the protein-sparing effect of dietary lipids in pellet
feeds for rainbow trout (*Salmo gairdneri*)

Arch. Fisch. Wiss. 33, 79-89

GROPP, J., H.M. KOCHLE (1983):

Futterwert und Verträglichkeit von Single Cell Protein
bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*)

Arbeiten des Dt. Fischerei-Verbandes, Heft 39, 64-101

GRUHN, K., G. RUBACH und W. KRACHT (1964):

Untersuchungen über den Einsatz des Maschinenleimleders
in der Fütterung der Mastschweine

Arch. f. Tierzucht, 7, 135

GRUHN, K. (1966):

In: Beiträge zu aktuellen Problemen der Tierzucht und Tier-
ernährung

Wiss. 2. Fr.-Schillen-Universität, Jena, 256

HALVER, J.E. (1957):

Nutrition of salmonoid fishes

III. Water-soluble vitamin requirement of chinook salmon

J. Nutr. 62, 225-243

HALVER, J.E. (1979):

The nutritional requirements of cultivated warmwater and
cold water fish species

Advances in Aquaculture papers presented at the FAO Tech-
nical conference on aquaculture

Kyoto, Japan, 26. May - 2. June 1976

HARMS, R.H. und O.E. GOFF (1957):

Feather meal in hen nutrition

Poultry Sci., 36, 358-361

HALVER, J.E., d.c. DE LONG and E.T. METZ (1957):

Nutrition of salmonid fishes. V. Classification of essential amino acids for chinook salmon

J. Nutr. 63, 95-105

HENNIG, A. und S. POPPE (1976):

Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel

Ferd. Enke-Verlag Stuttgart, 205-223

KELLNER, O. (1912):

Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere

6. Aufl. Verlag Paul Parey Hamburg, Berlin

KIECKHAFFER, H. (1980):

Fütterungsversuche mit getoasteten Sojabohnen bei Regenbogenforellen

Arbeiten des Dt. Fischereiverbandes, Heft 30

KITAMIKADO, M., T. MORISHITA and S. TACHINO (1964 a):

Digestibility of dietary protein in rainbow trout

I. Digestibility of several dietary proteins. Bulletin of the Japanese

Society of Scientific Fisheries Vol. 30, No.I/1964
46-49

KITAMIKADO, M., T. MORISHITA and S. TACHINO (1964 b):

Digestibility of dietary protein in rainbow trout

II. Effect of starch and oil contents in diets and size of fish

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries Vol. 30, No.I, 50-54

KOOPS, H., K. TIEWS, H. BECK und J. GROPP (1976):

Die Verwertung von Sojaprotein durch die Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri* Richardson)

Arch. Fisch. Wiss. 26, 181-191

KOCHLE, H.M. (1981):

Futterwert und Verträglichkeit von Probion FM 430 bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)

Diss. med. Vet. München

LALL, S.P. and F.J. BISHOP (1976):

Studies on the nutrient Requirements of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) grown in sea water and fresh water

FAO Technical conference on Aquacultur, Kyoto, Japan
26. Mai - 2. June 1976

LEE, D.J. and G.B. PUTNAM (1973):

The response of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet

J. Nutr. 103, 916-922

LIEDER, U. (1979):

Funktionsprinzipien der potenzierten Wassernutzung in offenen Kreislaufanlagen zur industriemäßigen Fischproduktion

Z. Binnfisch. (DDR), 26, (11), 334

MANN, H. (1967):

Verdaulichkeit und Ausnutzung des Eiweiß (Protein verschiedenartiger Futtermittel durch Regenbogenforellen

Fischwirt. 17, 280-282

MELNIK, D., B.L. OSEN and S. WEISS (1946):

Rate of enzyme digestion of proteins as factor of nutrition

Science 103, 326

MERTZ, E.T. (1972):

The protein and amino acid needs

Chapter 3, p 105-143, in: Fish Nutrition, Halver ed.
Academic Press, New York and London

MESKE, CH. und H.D. PRESS (1977):

Mikroalgen als Komponente von fischmehlfreiem Fischfutter
Fortschr. in der Tierphysiol. und Tierernähr. 8, 71-81
(Süßwasser)

MESKE, CH. und E. PFEFFER (1977):

Untersuchungen über Mikroalgen, Hefe oder Casein als Komponenten eines fischmehlfreien Trockenfutters für Karpfen
Z. Tierphysiol. Tierern. u. Futtermittelkde. 38, (4), 177

MESKE, CH. (1973):

Aquakultur von Warmwasser-Nutzfischen
Ulmer, Stuttgart

MIGITA, M., T. HANAOKA and K. TUZUKI (1937):

A study of vegetable feedstuffs in fish culture. I. Nutritive value of some polysaccharides
Imp. Fisch. Exp. Stn. (No.) 8, 99-177

MOHR, A. (1984):

Gasübersättigung und Gasblasenkrankheit
Fischer + Teichwirt, H. 2, 37-40

NEHRING, D. (1963):

Verdauungsversuche an Fischen nach der Chromoxyd-Indikatormethode
Z. Fischerei N.F. 11, 769-777

NOSE, T. (1960):

On the digestion of food protein by goldfish (*Carrasius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo iridens* G.)
Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 10, 11-22

NOSE, T. (1960):

On the effective value of freshwater green algae *Chlorella ellipsoidea* as a nutritive source to goldfish
Bull. of Freshwater Fisheries Research Laboratory, 10, (1)
Tokyo

OGINO C. and M.S. CHEN (1973):

Protein nutrition in fish v. relation between biological value of dietary proteins and their utilization in carps

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39, 955-959

OGINO, C. (1980):

Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 (2), 171

OHLE, W. (1953):

Die chemische und elektrochemische Bestimmung des molekular gelösten Sauerstoffes der Binnengewässer

Mitt. d. Internat. Vereinig. J. Limnology 3, 1-44

PAGE, J.W. and J.W. ANDREWS (1973):

Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*)

J. Nutr. 103, 1339-1346

PETRY, H. und W. RAPP (1971):

Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen

Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkde. 27, (4): 181-189

PETRY, H. und H. ENDERS (1974):

Kritische Betrachtungen über die Zuverlässigkeit der im klass. Verdauungsversuch und nach der Chromoxid-Indikatormethode bestimmten Verdauungskoeffizienten

Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkde. 33, H 2. 88-98

PFEFFER, E. und V. POTTHAST (1977):

Untersuchungen über den Ansatz von Energie, Protein und mineralischen Mengenelementen bei wachsenden Regenbogenforellen

Forschr. in der Tierphysiol. und Tierernährg. 8, 32-55

PFEFFER, E., R. PETRASCH und O. ECKARDT (1980):

Untersuchungen über mögliche Protein- und Fettträger in gereinigten Diäten für Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 43, 254

PFEFFER, E. und A. BARTE (1980):

Einflüsse der Protein- und Fettträger im Futter auf die Leber-Verfettung bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* R.)

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 44, 172

PFEFFER, E. (1978):

Energy and protein requirements in trout and carp

Proceedings of the Zodiac Symposium on Adaptation
Centre for Agricultural Publishing and Documentation
Wageningen

POSCHNER, A. und O. SIMON (1983):

Die stoffliche Verwertung des Eiweißes und der Eiweißbewertung, in: Grundlagen der Tierernährung

Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1983, 230-241

REIMERS, M. und CH. MESKE (1977):

Der Einfluß eines fischmehlfreien Trockenfutters auf die Körperzusammensetzung von Karpfen

Fortschr. Tierphys. Tierernährg. 8, 82-90

REITER, M. (1984):

Rasteruntersuchungen über die Verbesserung gereinigter Diäten für Forellen (*Salmo gairdneri* Richardson)

Med. Vet. Dissertation, Universität München

RUCKER, R.R. (1972):

Gas-bubble disease of salmonids: a critical review

U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Papers No. 58, 11

SALEH, G. (1985):

Ein methodischer Beitrag zur Prüfung der Brauchbarkeit bestimmter Abfallproteine tierischer Herkunft in der Forellenernährung (*Salmo gairdneri* Richardson)

Bisher unveröffentlicht, Diss. med. Vet., München

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL (1981a):

Eignung einer gereinigten Diät für vergleichende Untersuchungen an Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* R.) und Choho-Lachssen (*Oncorhynchus Kisutch*)

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 45, 252

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL (1981b):

Untersuchungen über die Futterwertleistung einer synthetischen Diät bei der Aufzucht von Regenbogenforellen
Kraftfutter 7, (64), 348-353

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL (1982b):

Verwendung von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der Ernährung von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson). II. Einsatz von Blut-, Feder- und Geflügelschlachtabfallmehl sowie Gelatine in einer gereinigten Diät

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 48, 267-275

SCHWALB-BÖHLING, A. und J. GROPP (1979):

A system for continuous measurement of oxygen consumption by fish

Finfish nutrition and fishfeed technology edited by HALVER/TIEWS, Vol. II, 607

SCHWALB-BÖHLING, A., H.-J. BODECKER und J. GROPP (1980):

Zur Verdaulichkeit von Rohnährstoffen bei der Forelle in Abhängigkeit von der Partikelgröße

92. VDLUFA-Kongreß, Braunschweig, 15.-20. September 1980

SCHWALB-BOHLING, A. (1982):

Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson) unter besonderer Berücksichtigung der Ausnutzung von Futterenergie
Diss. Fachbereich Biologie der Universität Hamburg

SCHWARZBACH, W. (1981):

Untersuchungen zur Verdaubarkeit von Rohprotein und Futterenergie in Abhängigkeit von Wassertemperatur und Fütterungsniveau bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)
Diplomarbeit, Universität Hamburg Fachbereich Biologie

SMITH, R.R. (1971):

A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds
Progr. Fish. Cult. 33, 132-134

SMITH, R.R. (1976):

Metabolizable energy of feedstuffs for trout
Feedstuffs 16, 20-21

STEFFENS, W. (1985):

Geflügelabfallmehl als Eiweißquelle im Futter für Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)
Arch. Tierernährg. Berlin 35, (5), 361-368

STERNIK, K.-H. (1985):

Mündliche Mitteilung

STRAUSS, H. (1982):

Studien zum Lysinbedarf von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson) mit Hilfe gereinigter Diäten
Med. Vet. Dissertation, Universität München

TIEMS, J., K. TIEMS, J. GROPP und H. KOOPS (1972):

Über die Gestaltung von Mischfuttermischungen für Forellen
in der Netzkäfighaltung

Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbio-
logie, Band 23 - Sonderdruck

TIEMS, K., H. KOOPS, J. GROPP und J. TIEMS (1973):

Über die Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener
Forellen (*Salmo gairdneri* Richardson) in Abhängigkeit
von Fütterung und Wachstum

Archiv f. Fischereiwissenschaft, 24, (1-3), 261-269

TIEMS, K., H. KOOPS und J. GROPP (1975):

Optimierung von Trockenmischfutter für die Forellen-
zucht macht Fortschritte

Inf. Fischw. 22, 170-172

TIEMS, K., J. GROPP und H. KOOPS (1976):

Über die Entwicklung von optimalen Trockenmischfuttern
für die Regenbogenforelle

Arch.Fisch.Wiss. 27, (Beih. 1) 1-29

TRUSSEL, R.P. (1972):

The percent of unionized ammonia in aqueous ammonia
solutions at different pH level and temperatures

J. Fish. Res. Bd. Canad. 29, 1505-1507

**TUNISON, A.V., D.R. BROCKWAY, A.L. DORR, C.R. MITCHELL,
and C.M. MC CAY (1942):**

Carbohydrate absorption studies

Cortland Hatchery Report, No. 10, 7-16

VENS-CAPPELL, B. (1983):

Experimentelle Erprobung eines Konzepts der linearen Opti-
mierung von Trockenmischfutter für die Regenbogenforelle
(*Salmo gairdneri* Richardson) auf der Basis der verdaulichen
Nährstoffe

Biol. Diss., Fachbereich Biologie, Universität Hamburg

WEATHERLEY, A.H. and H.S. GILL (1983):

Protein, lipid, water and caloric contents of immature rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) growing at different rates

J. Fisch. Biol. 23, 653-673

WEITKAMP, D.E. and M. KATZ (1980):

A review of dissolved gas supersaturation literature

Trans. Am. Fish. Soc. 109, 659-702

WINDELL, J.T., J.W. FOLTZ and J.A. SAROKON (1978):

Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies

Progr. Fish. Cul. 40, 51-54

WOHLBIER, W. und H. GIESSLER (1963):

Die Eignung von Leimleder als Futtermittel für Mastschweine und Mastküken

Landw. Forschg. 16, 248

National Research Council (NRC) (1981):

Nutrient requirements of coldwater fishes

National Academy Press, Washington, D.C.

NACHTRAG

COWEY, C.B. (1979):

Protein and amino acid requirements of fish,
in Vol. I Finfish Nutrition and Fishfeed
Technology, Halver, Tiews

Hersgb., Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin

GROPP, J., I. BLACK (1985):

Mündliche Mitteilung

GROPP, J., K. STERNIK (1985):

Mündliche Mitteilung

PHILIPPS, A.M. D.L. LIVINGSTON and H.A. PASTON (1966):

Use of caloric sources by brook trout

Progr. Fish. Cult. 28 , 67-72

PHILIPPS, A.M., H.A. PASTON and D.L. LIVINGSTON (1967):

The effect of caloric sources and water temperature
upon trout growth and body chemistry

Fish. Res. Bull. N.Y. 30 , 35-34

RYCHLY, J. and L. SPANNHOF (1979):

Nitrogen balance in trout. I. Digestibility of diets
containing varying levels of protein and carbohydrate

Aquaculture 16 , 39-46

RYCHLY, J. (1980):

Nitrogen balance in trout. II. Nitrogen excretion and
retention after feeding diets with varying proteins
and carbohydrate levels

Aquaculture 20 , 343-350

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL (1982a):

Verwendung von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der
Ernährung von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* R.),
I. Einsatz von Blut- und Federmehl in einer gereinigten
Diät

Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde.
47 , 79-85

STEFFENS, W. und M.L. ALBRECHT (1973):

Proteinversorgung durch Erhöhung des Fettanteils im
Futter von Regenbogenforellen

Arch. Tierernährg. 23 , 711-717

STEFFENS, W. und M.L. ALBRECHT (1975):

Der Einfluß des Zusatzes unterschiedlicher Fette zum
Trockenmischfutter auf Wachstum und Futterverwertung
von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* R.)

Arch. Tierernährg. 25 , 717-723

WATANABE, T., R. TAKEUCHI und C. OGIINO (1979):

Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein rainbow trout (*Salmo gaird.*) S. 113-126
in *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*,
Halver, Tiews

Hrsgb., Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin

LEBENS LAUF

- Name:** Wafa Abd El-Hamid Elwan Eleraky
geboren am 11.2.1958 in El-Scharkia, Ägypten
- Eltern:** Abd El-Hamid Elwan Eleraky und Ehefrau Soad
Abd El Monem Allam
- Familienstand:** verheiratet mit dem Tierarzt Gamal El Din
Saleh Aly Ibrahim
- Schulbesuch:** 1964-1970 Grundschule Belpies/Ägypten
1970-1973 Realschule Belpies/Ägypten
1973-1976 Gymnasium in Belpies/Ägypten
1976 Reifezeugnis (Abitur, naturwissen-
schaftlicher Zweig)
- Studium der
Tiermedizin:** 1976-1981
Universität in Zagazig/Ägypten
- Studienabschluß:** Mai 1981 Staatsexamen
Erlangung des akademischen Grades "Bache-
lor in Veterinary Sciences (B.V.SC)"
mit Gesamtprädikat "gut"
- Approbation:** Juli 1981 Approbation als Tierärztin
- Sprach-
studium:** Nov.-Dez. 1982 Studium der deutschen Sprache
an der Benedictschule - München
Jan.-Sept. 1983 Deutschkurs für Ausländer an
der Universität München und Ablegung der deut-
schen Sprachprüfung der Mittelstufe II

**Promotions-
studium**

Mai 1983 Beginn der vorliegenden Dissertation
Okt. 1983-Juli 1985 Immatrikulation zum Promotionsstudium an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.

Ablegung einer "Kenntnisprüfung" in den Fächern Physiologie, Ernährungsphysiologie und Fischkrankheiten im November 1985.

DANKSAGUNG

Am Schluß dieser Arbeit ist es mein Wunsch, Herrn Prof. Dr. J. Gropp für die Überlassung des Themas und die Bereitstellung des Arbeitsplatzes sowie die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung bei Planung, Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit zu danken.

Für die hilfreiche Unterstützung und die wertvollen Auskünfte bei der Laborarbeit möchte ich mich herzlich bei Frau E. Stadler bedanken.

Ebenso bin ich Herrn Dr. K.-H. Sternik für seine Ratschläge und die zahlreichen wissenschaftlichen Anregungen zu Dank verpflichtet.

Allen Mitarbeitern des Instituts auf dem Oberwiesenfeld danke ich für die freundliche Aufnahme, die stete Hilfsbereitschaft und das Interesse, das meiner Arbeit entgegengebracht wurde.

